ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er AVRIL 1935.

PRÉSIDENCE DE M. PIERRE-AUGUSTIN DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Bohuslav Hostinsky**, professeur à l'Université de Brno, qui assiste à la séance.

CINÉMATIQUE. — *Sur un projet d'expérience de M. Dufour.* Note de M. **Paul Langevin.**

M. A. Dufour (¹) a décrit un ingénieux dispositif expérimental qu'il juge capable de trancher le différend entre la cinématique classique et celle de la relativité restreinte.

Il utilise, dans ce but, la rotation uniforme autour d'un axe XY, vertical par exemple, d'un plateau de Sagnac D portant et entraînant avec lui un moteur M qui fait tourner d'un mouvement également uniforme, autour d'un axe horizontal, un pignon denté E. Celui-ci engrène avec deux couronnes dentées horizontales R et R′ entre lesquelles il est placé et qui sont solidaires de deux disques A et A′ mobiles autour du même axe que le plateau D. M. Dufour pense que, dans ces conditions, deux points liés respectivement aux deux disques A et A′ et situés à une même distance de l'axe XY se déplaceront, par rapport au plateau D, avec des vitesses linéaires égales dans des sens opposés et que, par conséquent, leurs passages l'un

(¹) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 894.

au-dessus de l'autre devront se produire, au point de vue de la cinématique relativiste, au-dessus de points variables du plateau D, ainsi qu'il résulte des remarques de M. Prunier et de moi-même ([1]), en contradiction avec la cinématique classique, qui prévoit ces rencontres au-dessus de deux points fixes et diamétralement opposés du plateau D.

Je voudrais montrer, tout d'abord, que le dispositif de M. Dufour assure, *quelle que soit la cinématique adoptée*, la relation entre les vitesses *angulaires* des disques A et A′ et celle du plateau D qui exprime la fixité des points de ce plateau au-dessus desquels se produisent les rencontres. En accord avec ce résultat, une analyse plus détaillée du fonctionnement des engrenages nous montrera qu'il correspond, en cinématique relativiste, à des *vitesses linéaires inégales* par rapport à D des points situés sur A et A′ à une même distance de l'axe XY, à des vitesses linéaires égales au contraire, en cinématique classique.

Soient pour des observateurs galiléens O, immobiles par rapport à l'axe XY, ω_0, ω, ω' les vitesses angulaires avec lesquelles tournent, autour de XY, la plateforme D et l'axe du pignon, d'une part, les disques A et A′ d'autre part. Les couronnes R et R′ portant des nombres égaux n de dents, chacune de celles-ci correspond à un même angle $2\pi/n$ entre les plans verticaux qui passent par l'axe XY et qui la comprennent. L'effet de la rotation du pignon sera donc de déplacer d'angles égaux les disques A et A′ de part et d'autre du plan vertical qui passe par l'axe du pignon; on a ainsi nécessairement, quelle que soit la cinématique adoptée,

$$\omega - \omega_0 = -(\omega' - \omega_0)$$

ou

$$\omega + \omega' = 2\omega_0. \tag{1}$$

Cette relation signifie que le plan bissecteur de deux plans verticaux liés respectivement aux disques A et A′ tourne avec une vitesse angulaire $\omega + \omega'/2$, égale à ω_0 et, par conséquent, reste fixe par rapport au plateau. Comme c'est nécessairement dans ce plan bissecteur que se produisent les coïncidences entre les plans A et A′, ces coïncidences sont donc également fixes par rapport au plateau.

On peut analyser plus complètement la manière dont les choses se passent, et retrouver exactement le même résultat, en se plaçant au point de vue de l'observateur galiléen O_1 par rapport auquel le point P de l'axe du pignon situé à distance r de l'axe XY est immobile à un certain instant. La vitesse d'entraînement de O_1 par rapport à O est

$$u = \omega_0 r. \tag{2}$$

Les points des disques A et A′ situés respectivement au-dessus et au-dessous du

([1]) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 46 et 48.

point P à l'instant considéré ont, par rapport au système O, des vitesses

(3) $$v = \omega r, \qquad v' = \omega' r,$$

et, par conséquent, par rapport à O_1, si l'on adopte la cinématique de la relativité, des vitesses

(4) $$v_1 = \frac{v - u}{1 - \frac{uv}{c^2}}, \qquad v'_1 = \frac{v' - u}{1 - \frac{uv'}{c^2}}.$$

La rotation du pignon ayant pour effet de déplacer, par rapport à O_1, les couronnes R et R′ de nombres égaux de dents, les vitesses v_1 et v'_1 doivent être de signes contraires, et avoir entre elles un rapport égal, en valeur absolue, au rapport entre les largeurs ε_1 et ε'_1 des dents de R et R′ à la distance r de l'axe, *telles que ces largeurs apparaissent à l'observateur* O_1; d'où la condition

(5) $$\frac{v_1}{v'_1} = -\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon'_1}.$$

Ces largeurs sont, pour l'observateur O, égales entre elles avec la valeur

$$\varepsilon = \frac{2\pi r}{n}.$$

Comme les dents de R et de R′ se meuvent, par rapport à O avec les vitesses respectives v et v', leurs largeurs *propres* sont, en tenant compte de la contraction de Lorentz,

$$\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \qquad \varepsilon'_0 = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1 - \frac{v'^2}{c^2}}}$$

et, de la même façon, ces largeurs deviennent, pour l'observateur O_1,

$$\varepsilon_1 = \varepsilon \frac{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \qquad \varepsilon'_1 = \varepsilon \frac{\sqrt{1 - \frac{v_1'^2}{c^2}}}{\sqrt{1 - \frac{v'^2}{c^2}}}$$

ou, en tenant compte des relations (4),

$$\varepsilon_1 = \varepsilon \frac{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}{1 - \frac{uv}{c^2}}, \qquad \varepsilon'_1 = \varepsilon \frac{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}{1 - \frac{uv'}{c^2}};$$

d'où

(6) $$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon'_1} = \frac{1 - \frac{uv'}{c^2}}{1 - \frac{uv}{c^2}}.$$

En tenant compte de (4) et de (6), la condition (5) devient

$$v - u = -(v' - u), \qquad v + v' = 2u$$

ou, d'après (2) et (3),

$$\omega + \omega' = 2\omega_0.$$

Ce qui implique, comme on l'a vu, la fixité des rencontres par rapport au plateau D. Ce résultat, indépendant de la vitesse c, est commun à la cinématique relativiste pour laquelle c est égal à la vitesse de la lumière et à la cinématique classique pour laquelle c est infini.

L'expérience, sous la forme prévue par M. Dufour, ne permet par conséquent pas de trancher le différend entre les deux cinématiques.

Il en serait autrement, au moins de façon théorique si, à la liaison par engrenages, on substituait une liaison par roulement sans glissement, c'est-à-dire si l'on remplaçait le pignon E par un galet roulant sans glisser sur les disques A et A'. On aurait alors égalité en valeur absolue des vitesses *linéaires* v_1 et v'_1.

Cette condition de roulement

$$v_1 = -v'_1$$

signifie encore, quand on la combine avec les relations (4), que la différence des temps mis par les disques A et A' à faire un tour par rapport à la plateforme est

$$\frac{2\pi}{\omega - \omega_0} - \frac{2\pi}{\omega_0 - \omega'} = \frac{2\pi r}{v - u} - \frac{2\pi r}{u - v'} = \frac{4\pi r u}{c^2 - u^2}$$

ou, en négligeant u^2 par rapport à c^2 et en remplaçant u par $\omega_0 r$,

$$\frac{4\omega r^2 \omega_0}{c^2} = \frac{4A\omega_0}{c^2},$$

A représentant la surface du cercle de rayon r. On retrouve bien ainsi, comme il convient, le retard de Sagnac tel qu'il a été étendu par M. Prunier au cas de mobiles matériels.

L'expérience pourrait donc être imaginée sous la forme où la rotation des disques A et A' par rapport au plateau D serait obtenue au moyen d'un roulement, mais la précision avec laquelle ce roulement devrait être réalisé sans glissement est tout à fait prohibitive.

L'importance relative de ce glissement doit en effet être notablement inférieure au rapport entre le déplacement linéaire à mettre en évidence

et la longueur $2\pi r$ du roulement correspondant. Ce rapport est

$$\frac{\omega_0 r v_1}{c^2} = \frac{v_0 v_1}{c^2}.$$

Les vitesses linéaires v_0 et v_1 possibles dans la rotation du plateau ou du galet de roulement sont au grand maximum de l'ordre de 100^m par seconde ou 10^4 cm/s, ce qui donne au rapport précédent une valeur de l'ordre de 10^{-13}. L'expérience proposée est donc pratiquement irréalisable même sous la forme où elle a théoriquement un sens.

OPTIQUE. — *Recherches expérimentales sur la dissymétrie optique de l'espace.* Note de M. **Ernest Esclangon**.

En 1926, à l'Observatoire de Strasbourg, j'avais institué et poursuivi des expériences spéciales dans le but de mettre en évidence des variations possibles dans les lois optiques de la réflexion, en fonction de la direction des rayons lumineux dans l'espace (1).

Les principes directeurs de la méthode étaient les suivants : 1° proscrire les bains de mercure trop instables au degré de la précision cherchée; 2° éviter la *mesure* d'angles notables nécessitant l'emploi de cercles divisés; opérer en conséquence par voie *d'autocollimation*, c'est-à-dire utiliser des rayons lumineux qui, issus d'un point du plan focal d'une lunette, subissent à leur sortie de l'objectif *une ou plusieurs réflexions* (la dernière étant normale), sur un ou plusieurs miroirs solidaires de la lunette et, par un chemin inverse, viennent former dans le plan focal une image dont on peut *mesurer micrométiquement* les déplacements, en fonction des différentes orientations de la lunette; 3° pour se mettre à l'abri des *fluctuations instrumentales, comparer des directions différentes de l'espace en un temps très court, de l'ordre de* 1 *minute au plus,* cela en laissant l'appareil, au cours de ses déplacements, dans une position invariable par rapport à la pesanteur. Cette condition impose obligatoirement des déplacements horizontaux, résultant par exemple d'une simple rotation autour d'un axe vertical.

Les expériences de Strasbourg durèrent près de 2 années et plus de 30000 mesures furent faites. Elles comportaient *trois réflexions successives :* la première avec une *incidence* de 54°, la deuxième normale, suivie pu retour inverse des rayons avec nouvelle réflexion oblique. Les observations étaient visuelles. Ordonnés par *rapport au temps sidéral*, les résultats

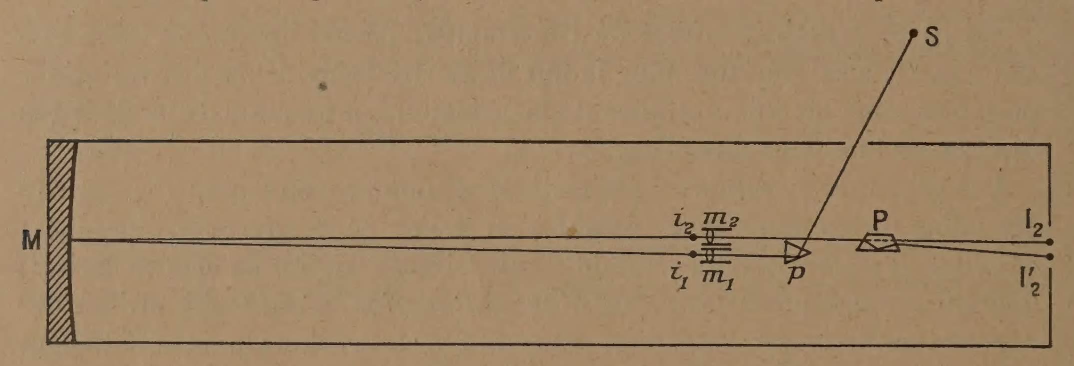
(1) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 1593.

parurent fournir nettement une variation systématique dont l'amplitude était de l'ordre de quelques centièmes de secondes d'arc.

J'ai repris des observations analogues à l'Observatoire de Paris au début de 1932. Les principes de la technique restent les mêmes avec des perfectionnements très notables destinés à augmenter considérablement la précision. La méthode est photographique.

La lunette ne comporte plus d'objectif. On se borne à une réflexion unique qui se fait, non plus sur un miroir plan, mais *sur un miroir concave*, de $1^m,60$ de *rayon* et de 20^{cm} d'ouverture, le point lumineux occupant sensiblement le centre du miroir. Dans ces conditions, l'image réfléchie, exempte de toute aberration sphérique, est de haute qualité optique. Elle peut être amplifiée consécutivement par un fort microscope, ce qui multiplie considérablement les déplacements angulaires.

Le dispositif expérimental est en réalité un peu plus compliqué. Schématiquement, il est représenté par la figure ci-dessous. Une source S donne, par l'intermé-



diaire du prisme à réflexion totale p et du microscope m_1, une image i_1 au voisinage du centre du miroir M. L'image réelle i_1 donne, par réflexion sur le miroir M, une image i_2 voisine de i_1. L'image i_2 est reprise par le microscope m_2 à la sortie duquel le faisceau est intercepté dans sa moitié supérieure par le prisme à réversion P qui donne une image I'_2 tandis que la moitié inférieure du même faisceau, en parcours libre, donne l'image I_2, voisine de I'_2. Il est clair que si l'image i_2 se déplace horizontalement, les deux images I_2, I'_2 s'écartent ou se rapprochent, le déplacement se trouvant multiplié par le grossissement du microscope m_2 et doublé par le prisme reverseur P.

Toutes les pièces de l'appareil, y compris la source S, sont étroitement solidaires. L'ensemble, placé dans un local à température constante, par surcroît soigneusement calorifugé, tourne autour d'un axe vertical (ici, normal au plan de la figure), faisant un tour complet en *une minute* sous l'action d'un moteur électrique. Les images I_2, I'_2 sont reçues sur une plaque photographique qui se déplace en hauteur pendant la rotation de l'appareil, de sorte qu'*une observation* se traduit sur le cliché par deux traits verticaux, dont l'écartement horizontal est ensuite mesuré à 1^{μ} près tout le long de leur longueur. L'appareil est automatique; il est commandé électriquement de l'extérieur de la pièce où ne pénètre pas l'observateur. Il a été exécuté entièrement, y compris la taille du miroir, au laboratoire d'optique de l'Observatoire de Paris.

Les expériences se sont poursuivies sans interruption pendant près de 18 mois à partir de janvier 1932. A des intervalles de 10 en 10 jours, on faisait une journée complète d'expériences, lesquelles consistaient en l'exécution de deux clichés consécutifs en chacune des heures : 9^h, 12^h, 15^h, 18^h, 21^h, 0^h, 6^h, 9^h (temps moyen de Greenwich). Un service d'observations et de mesures des clichés avait été organisé à cet effet, service auquel ont pris part : MM. Blum, Durand, de Grandchamp, Mlle Chaudun, de l'Observatoire de Paris.

Résultats. — L'ensemble des observations a fourni plus de 800 clichés, répartis sur toutes les heures sidérales, en toutes les saisons de l'année. Sur chaque cliché, les mesures portent sur 20 régions correspondant à des azimuts de l'appareil espacés ainsi de 18 en 18°.

On ne tient compte, sur chaque cliché, que des différences d'écartement des traits par rapport à leur écartement moyen. Appelons I le premier cliché obtenu au début de chaque observation, II le deuxième obtenu quelques minutes après et qui devrait être en quelque sorte identique au premier. Dans toutes les opérations numériques, on a traité de manière identique les combinaisons des mesures, (II + I)/2 et (II — I)/2. La combinaison (II + I)/2 contient le phénomène optique, s'il existe; (II — I)/2 l'élimine.

Nous avons associé de deux manières les mesures des clichés.

1° Nous avons d'abord fait la moyenne de tous les clichés correspondant *aux mêmes heures moyennes*. Nous ne saurions reproduire ici l'ensemble des nombres obtenus. Contentons-nous d'indiquer les résultats suivants. Sur les clichés moyens de 9^h, par exemple, et les combinaisons correspondantes (II + I)/2, (II — I)/2, nous avons déterminé *l'écart moyen* des mesures faites dans les 20 azimuts échelonnés de 18 en 18°. De même pour les autres heures moyennes. Nous avons obtenu les résultats suivants :

	Heures	9.	12.	15.	18.	21.	0.	3.	6.	Moyennes.
Écarts	(II + I)/2	22	48	49	34	43	41	44	43	40
moyens.	(II — I)/2	27	38	28	32	25	40	45	38	34

Dans ces écarts, un *millième de seconde* est représenté par le nombre 22.

2° Nous avons groupé ensuite les clichés par *heures sidérales*. Le résultat en est représenté dans le tableau suivant (0″,001 = 22).

	Heures	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Écarts	(II + I)/2	31	31	42	35	32	37	30	39	38	45	37	37
moyens.	(II — I)/2	38	41	38	30	36	28	36	44	51	53	49	40

	Heures	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
Écarts	(II + I)/2	32	52	48	48	41	38	41	38	17	29	46	40
moyens.	(II — I)/2	31	35	33	41	30	36	40	43	39	38	42	32

Moyennes : 38.

Ces tableaux montrent que les écarts moyens propres à la combinaison (II — I)/2, laquelle élimine toute dissymétrie optique éventuelle, sont du même ordre que ceux concernant la combinaison (II + I)/2 qui contiendrait, elle, cette dissymétrie. Ce résultat apparaît pour le temps sidéral aussi bien que pour le temps moyen.

La précision des mesures angulaires obtenue est ici considérable; elle est sans la moindre ambiguïté de l'ordre *du millième de seconde d'arc*, ainsi que cela résulte de la valeur des écarts moyens constatés.

Dans les conditions expérimentales adoptées, c'est-à-dire pour un *rayon lumineux horizontal* se *réfléchissant normalement* sur un miroir, il n'y a donc aucun déplacement *horizontal* et relatif du rayon réfléchi, lorsque l'appareil tourne horizontalement; du moins jusqu'à l'ordre de $0'',001$ près.

Ces conditions expérimentales sont d'ailleurs très différentes de celles dans lesquelles j'avais opéré à Strasbourg, avec trois réflexions consécutives, dont deux sous un angle de 54°, les déplacements étant au surplus évalués dans le sens *vertical*.

Une remarque générale doit être faite concernant ce genre d'expériences.

Les sources lumineuses utilisées sont des sources terrestres, liées d'ailleurs aux instruments de mesure. Or certaines observations astronomiques, notamment les variations constatées de l'aberration avec certains caractères des étoiles employées pour sa détermination, semblent autoriser à douter que la vitesse de la lumière, provenant des étoiles ou des nébuleuses, soit uniforme et identique à celle (la seule d'ailleurs mesurée jusqu'ici avec une grande précision) résultant de déterminations effectuées sur des sources terrestres.

Aussi semble-t-il désirable que ce genre d'études : vitesse de la lumière, variations possibles des lois de la réflexion optique, puisse être poursuivi avec des sources extra-terrestres, étoiles ou nébuleuses lointaines. De même devraient être recherchés : la corrélation possible, pour un même astre, entre la vitesse de la lumière conclue de l'aberration correspondante et celle déduite des variations de sa vitesse radiale apparente observée dans les diverses positions de la Terre sur son orbite; et enfin les rapports existant, non seulement entre l'aberration et les classes spectrales, mais entre l'aberration et les vitesses radiales (ou ce que l'on interprète ainsi).

Toutes ces études sont de nature à apporter des éléments nouveaux sur des points essentiels de nos conceptions sur la lumière, sur sa vitesse, par suite, sur la légitimité rigoureuse ou non du principe de Doppler-Fizeau et l'absolue validité de son application au déplacement vers le rouge du spectre des nébuleuses lointaines.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la structure algébrique des admittances d'un filtre en fonction de la fréquence.* Note [1] de M. **Jules Haag**.

1. L'impédance quadratique d'une cellule sans résistances ohmiques est de la forme

$$Z = \frac{j}{\omega}(X\omega^2 - Y),$$

X et Y désignant des formes quadratiques positives. Par une substitution linéaire couvenable, on peut faire disparaître les termes rectangles de ces deux formes et l'on obtient l'impédance quadratique sous la *forme canonique*

$$Z = \frac{j}{\omega}\left[\sum_{i=1}^{q}(\omega^2 - m_i)u_i^2 - \sum_{i=q+1}^{n} u_i^2\right] \qquad (q \leq n).$$

Les m_i sont des constantes positives, pas nécessairement distinctes et dont certaines peuvent être nulles. En prenant la forme adjointe et appliquant les formules (2) de ma précédente Note [2], on obtient les admittances de la cellule

$$(1) \quad \begin{cases} A = -j\omega\left(\sum_{i=1}^{p}\frac{a_i}{\omega^2 - m_i} - a\right), \qquad C = -j\omega\left(\sum_{i=1}^{p}\frac{c_i}{\omega^2 - m_i} - c\right), \\ B = -j\omega\left(\sum_{i=1}^{p}\frac{b_i}{\omega^2 - m_i} - b\right), \end{cases}$$

en posant

$$(2) \qquad a_i = \sum_h (\alpha_i^h)^2, \qquad c_i = \sum_h (\beta_i^h)^2, \qquad b_i = \sum_h \alpha_i^h \beta_i^h.$$

Dans les formules (1), les m_i sont tous différents. Dans les formules (2), les α_i^h et β_i^h sont les coefficients des courants canoniques non nuls pour $\omega^2 = m_i$ dans les courants d'entrée et de sortie [3]. On a des formules analogues pour a, b, c.

---

(1) Séance du 25 mars 1935.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 607.

(3) Cf. formules (1) de la Note précitée.

Si m_i, est racine simple du discriminant de Z, chaque somme (2) comprend un seul terme et l'on a $\delta_i = a_i c_i - b_i^2 = 0$. Si m_i est racine multiple, l'identité de Lagrange montre que $\delta_i \geq 0$.

2. *La zone de filtrage* est définie par $PQ < 0$, en posant

$$P = \sum \frac{p_i}{\omega^2 - m_i} - p, \qquad Q = \sum \frac{q_i}{\omega^2 - m_i} - q;$$
$$p_i = a_i + c_i - 2b_i, \qquad q_i = a_i + c_i + 2b_i.$$

D'après les formules (2), les p_i, q_i, p et q sont tous ≥ 0. On en déduit immédiatement, en supposant les m_i rangés par ordre de grandeur croissante, qu'il existe une bande passante (e_i, f_i) dans chaque intervalle (m_i, m_{i+1}).

On peut *choisir arbitrairement les fréquences de coupure;* on a, en effet,

$$(3) \qquad p_i = -p \frac{E(m_i)}{M'(m_i)}, \qquad q_i = -q \frac{F(m_i)}{M'(m_i)},$$

en posant

$$M(x) = (x - m_1)\ldots(x - m_p), \qquad E(x) = (x - e_1)\ldots(x - e_p),$$
$$F(x) = (x - f_1)\ldots(x - f_p).$$

Les m_i, p, q peuvent être choisis arbitrairement. Les p_i, q_i étant connus, on en déduit $a_i + c_i$ et b_i et la répartition de $a_i + c_i$ entre a_i et b_i reste encore arbitraire.

3. On peut maintenant se poser le problème suivant : *Réaliser la cellule la plus générale* définie algébriquement par les formules (1).

D'abord, on a les conditions *nécessaires*, faciles à démontrer

$$(4) \quad \sum (a_i \pm b_i) > 0, \qquad \sum (c_i \pm b_i) > 0, \qquad \sum \frac{a_i \pm b_i}{m_i} > 0, \qquad \sum \frac{c_i \pm b_i}{m_i} > 0.$$

Je pense que ces conditions sont *suffisantes;* mais, je n'ai pu le démontrer. La méthode qui m'a paru la plus simple pour aborder le problème ci-dessus est la suivante.

4. J'ai commencé par chercher la condition pour que plusieurs cellules accouplées *en parallèle* soient *additives*, c'est-à-dire pour *que leurs admittances s'ajoutent algébriquement.*

Soient α, α', β, β' les coefficients des coordonnées dans les courants qui pénètrent dans la cellule par les bornes E, E', S, S'. Posons

$$X = Z(\alpha), \quad X' = Z(\alpha'), \quad X'' = Z(\alpha, \alpha'); \quad Y = Z(\beta), \quad Y' = Z(\beta'), \quad Y'' = Z(\beta, \beta').$$

La condition cherchée est *que les rapports*

$$\lambda = \frac{X' + X''}{X + X''}, \qquad \mu = \frac{Y' + Y''}{Y + Y''}$$

aient les mêmes valeurs pour toutes les cellules.

Si $\lambda = \mu = \infty$ ou o, les bornes E′, S′, ou bien E, S sont en court-circuit ; on a un *tripôle*.

5. Considérons maintenant la cellule constituée par les six conducteurs suivants : C_1 de E à S, C_2 de E à S′, C_3 de E à E′, C_4 de E′ à S, C_5 de S′ à S, C_6 de E′ à S′. Appelons h_i l'admittance de C_i. Les conditions d'additivité s'écrivent

$$h_4 + h_6 = \lambda(h_1 + h_2), \qquad h_2 + h_6 = \mu(h_1 + h_4).$$

Si les C_i sont des circuits résonnants de même fréquence propre, on constate aisément que la cellule ainsi obtenue permet de reproduire un terme des formules (1), *sous la seule condition que les quantités* $a_i \pm b_i$ et $c_i \pm b_i$ *soient toutes positives*. Si cette condition est remplie pour tous les termes de la formule (1), on peut toujours réaliser la cellule, en prenant $\lambda = \mu = 1$. Mais, il n'en est pas nécessairement de même pour d'autres valeurs de λ, μ. Par exemple, *on ne peut réaliser par un tripôle que les cellules pour lesquelles les* b_i *sont tous de même signe.*

6. Lorsque les quantités $a_i \pm b_i$ et $c_i \pm b_i$ ne sont pas toutes positives, le problème paraît beaucoup plus difficile. J'ai pu le résoudre dans certains cas, mais pas dans tous.

Il convient toutefois de remarquer que la solution du n° 5 permet de *construire un filtre admettant une zone de filtrage quelconque donnée à l'avance*. Il suffit en effet, au n° 2, de prendre $a_i = c_i$; en vertu de $\delta_i > 0$, tous les $a_i \pm b_i$ et $c_i \pm b_i$ sont positifs.

Voici d'ailleurs une raison qui milite en faveur de la cellule *symétrique*. Supposons le filtre constitué par n cellules identiques. Si φ désigne l'affaiblissement caractéristique de chacune d'elles, les admittances du filtre sont :

$$A_n = \frac{B \operatorname{sh}\varphi}{\operatorname{th} n\varphi} + H, \qquad C_n = \frac{B \operatorname{sh}\varphi}{\operatorname{th} n\varphi} - H, \qquad B_n = \frac{B \operatorname{sh}\varphi}{\operatorname{sh} n\varphi},$$

en posant $A - C = 2H$. En portant dans les formules (6) de ma précédente Note, on obtient $B_n(z)$.

Quand la fréquence parcourt une bande passante, on a $\varphi = j\lambda$ et λ varie

de o à π. D'autre part, il y a intérêt à ce que la variation du module de $B_n(z)$ dans la bande passante soit aussi faible que possible. Or, *si n est grand*, l'angle $n\lambda$ varie rapidement; de sorte que si $n\lambda$ croît de o à π, λ et ω varient très peu. On peut alors regarder $B \operatorname{sh} \varphi$ et H comme sensiblement constants et l'on constate que l'inverse du carré du module de $B_n(z)$ est approximativement une fonction sinusoïdale $2n\lambda$. En écrivant que l'oscillation de cette fonction est minimum, on obtient $H = 0$.

M. **F. A. Vening Meinesz** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de lui-même et de MM. J. H. F. Umbgrove, Ph. H. Kuenen : *Gravity Expeditions at Sea* 1923-1932. Vol. II et Tables.

NOMINATIONS.

MM. **Henri Deslandres** et **Aymar de La Baume Pluvinel** sont délégués pour représenter l'Académie à la célébration du Centenaire de la fondation de l'Observatoire d'Uccle.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Francisco Dominguez. *Carlos J. Finlay. Son centenaire* (1933). *Sa découverte* (1881).

2° *Le développement des sciences aux Pays-Bas pendant le dernier demi-siècle.*

3° *L'Académie royale des Sciences, les Universités et les Écoles techniques supérieures aux Pays-Bas et aux Indes néerlandaises.*

4° G. Mouriquand et P. Josserand. *Syndromes météoropathologiques et inadaptés urbains.*

5° Buntaro Adachi. *Das Venensystem der Japaner.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la continuité du potentiel à travers les masses, et la démonstration d'un lemme de Kellogg.* Note de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Henri Villat.

Depuis les recherches récentes de M. de La Vallée Poussin sur la méthode du balayage (1), dans lesquelles il retrouve la notion de potentiel conducteur d'un ensemble, comme potentiel d'une distribution positive sur l'ensemble même, les recherches sur le problème de Dirichlet généralisé sont appelées à un essor nouveau. J'ai montré moi-même (2), comment le balayage d'un domaine irrégulier conduit à ce problème, ce qui permet de prouver de plus l'unicité de la distribution des masses balayées, sur sa frontière.

L'introduction des masses permet de définir le potentiel à l'intérieur des masses mêmes, et ceci est d'importance capitale. C'est pour avoir exclu une telle définition, primitivement donnée par M. N. Wiener, que les recherches sur le problème de Dirichlet généralisé étaient arrivées à une impasse, avec la non-résolution du lemme de Kellogg. M. Evans a démontré récemment (3) ce lemme, en s'appuyant sur les résultats cités de M. de La Vallée Poussin.

Dans cette Note, nous allons donner un théorème général concernant la continuité du potentiel d'une distribution de masse sur un ensemble, théorème qui est d'une application immédiate et diverse, par exemple, dans le balayage des masses, et qui contient le lemme de Kellog comme cas particulier.

Théorème général. — *Soit* E *un ensemble parfait borné. Soit* $\mu(e)$ *une distribution positive sur* E (définie par une fonction complètement additive positive d'ensemble mesurable B) :

1° *le potentiel de cette distribution* (donné par une intégrale *de Stieltjes*) *est continu en tout point de* E *où il est continu sur* E;

2° *s'il est borné, l'ensemble des points de* E *où il est continu sur* E *est partout dense sur* E.

Remarquons d'abord que, si nous avions énoncé le théorème pour un ensemble fermé, nous n'aurions pas gagné en généralité, un tel ensemble étant la somme d'un ensemble parfait et d'un autre dénombrable, et

---

(1) *Annales de l'Inst. Poincaré*, **3**, 1932, p. 175.

(2) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 199.

(3) *Proc. Nat. Ac. of Sc.*, **19**, 1933, p. 457.

celui-ci étant incapable de supporter une partie de la distribution donnée.

Le point 2° est évident : le potentiel étant semi-continu inférieurement sur E est une fonction de la classe 1 de Baire ; il est, par suite, ponctuellement discontinu sur E.

Passons à 1°. Nous nous inspirons d'une démonstration de M. Evans (*loc. cit.*, p. 458). Soit Q un point de continuité du potentiel V sur E. Soit (ρ) un voisinage sphérique de Q de rayon ρ assez petit pour que l'on y ait

$$V(P) < V(Q) + \frac{\varepsilon}{5}, \qquad V_\rho(Q) < \frac{\varepsilon}{5},$$

P étant sur E et V_ρ étant le potentiel de la masse contenue dans (ρ). Soit (δ) un voisinage plus petit de Q dans lequel on ait, de plus, $V_{E-(\rho)}(P) > V(Q) - 2\varepsilon/5$. Il en résulte que pour P dans (δ) on a $V_\rho(P) < 3\varepsilon/5$. Si M_i est une suite de points du domaine D, complémentaire de E, tendant vers Q et telle que $\overline{M_i Q} = \delta_i < \delta/2$, et Q_i un point de E à la distance minima de M_i, on constate que l'on a

$$V(M_i) = V_\rho(M_i) + V_{E-(\rho)}(M_i) \leqq V(Q_i) - V_\rho(Q_i) + \frac{\delta_i}{\rho - \delta} V_{E-(\rho)}(Q_i),$$

ce qui, par les inégalités précédentes, devient

$$V(M_i) \leqq V(Q) + 4\frac{\varepsilon}{5} + \frac{\delta_i}{\rho - \delta}\left[V(Q) + \frac{\varepsilon}{5}\right].$$

Pour i assez grand, on peut écrire $V(M_i) < V(Q) + \varepsilon$. Puisque ε est arbitraire, il en résulte que V est semi-continu supérieurement en Q. Il est donc continu.

Cas particulier. Lemme de Kellogg. — *Tout ensemble réduit* [1] *borné* E, *de capacité positive, a des points réguliers.*

En effet, M. de La Vallée Poussin a démontré (*loc. cit.*, p. 227) qu'il existe une distribution positive sur E qui donne le potentiel conducteur de E. D'autre part, j'ai montré ailleurs (*loc. cit.*, p. 101), que la borne supérieure de ce potentiel considéré dans D, est l'unité, en chaque point de E. D'après le théorème précédent, le potentiel est continu sur E en un ensemble dense de points. Il doit donc prendre en ces points la valeur un, ce qui montre que ces points sont réguliers.

Ajoutons que les lemmes I et II de M. Evans (*loc. cit.*, p. 457 et suiv.) sont contenus dans notre théorème général.

---

[1] Florin Vasilesco, *Journal de Mathématiques*, 9, 1, 1930, p. 100.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les combinaisons exceptionnelles homogènes de fonctions entières.* Note de M. **Ghermanesco**, présentée par M. Émile Borel.

Considérons un système de ν fonctions entières $f_i(z)$ ou, plus généralement, holomorphes dans un D. Tout comme les combinaisons exceptionnelles non-homogènes, définies et étudiées par M. P. Montel (¹), il y a intérêt à considérer les combinaisons exceptionnelles homogènes formées avec ces fonctions, conduisant à des relations de la forme

$$(\mathcal{F}_i) \qquad \mu_1^i f_1 + \mu_2^i f_2 + \ldots + \mu_\nu^i f_\nu = Q_i e^{P_i},$$

$$(\mathcal{P}_i) \qquad \alpha_1^i f_1 + \alpha_2^i f_2 + \ldots + \alpha_\nu^i f_\nu \doteq 0,$$

P_i, Q_i étant des polynomes entiers en z. Nous dirons que la combinaison $(\mathcal{F}_i)$ est *fondamentale*, conduisant à la *fonction fondamentale* du système f_i, $Q_i e^{P_i}$, tandis que $(\mathcal{P}_i)$ sera une combinaison exceptionnelle *primordiale*.

Les combinaisons exceptionnelles $(\mathcal{F}_i)$, $(\mathcal{P}_i)$ seront *proprement dites*. Toute autre combinaison exceptionnelle qu'on obtient par combinaison d'une $(\mathcal{F}_i)$ avec quelques-unes des $(\mathcal{P}_i)$ sera *ordinaire*. Toutes les combinaisons exceptionnelles, conduisant à une *fonction fondamentale* $Q e^P$, forment le *groupe exceptionnel* attaché à celle-ci.

Pour les combinaisons exceptionnelles homogènes, nous avons obtenu les résultats qui suivent :

Théorème. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un système des fonctions entières, linéairement indépendantes, admette une combinaison exceptionnelle fondamentale homogène, est qu'il existe une fonction fondamentale* $Q e^P$ (P, Q *étant des polynomes*) *telle que le wronskien du système de fonctions données reste invariable si l'on y remplace l'une quelconque de ces fonctions par* $Q e^P$.

Théorème. — *Un système de ν fonctions entières, dont l'une au moins est transcendante, admet ν combinaisons exceptionnelles fondamentales proprement dites au plus, parmi lesquelles il y en a $\nu - 2$ primordiales au plus.*

Nous n'avons pas pu déterminer le nombre maximum des combinaisons exceptionnelles homogènes distinctes *dans leur ensemble*, c'est-à-dire ν à ν,

(¹) *Acta mathematica*, 49, 1926, p. 115 et suiv.

comme l'a fait M. Montel pour les combinaisons non-homogènes $(2\nu - 1)$, sauf pour le cas particulier remarquable des fonctions algébroïdes non entières, pour lesquelles nous avons obtenu le résultat suivant :

Théorème. — *Étant donnée une algébroïde méromorphe à ν branches u, définie par une équation de la forme*

$$u^{\nu} f_1 + u^{\nu-1} f_2 + \ldots + f_{\nu+1} = 0,$$

où les coefficients sont des fonctions entières dont la première (ou la dernière) *possède des zéros* (¹) :

a. Le nombre des valeurs exceptionnelles ne peut pas dépasser

$$N = \nu + E\left(\frac{\nu}{\nu - \lambda}\right)$$

lorsque les fonctions $p_i(z)$ s'expriment linéairement à l'aide de $\nu + 1 - \lambda$ fonctions fondamentales, λ étant le nombre des relations $(\mathfrak{L}_i)$ existant entre les $f_i(z)$;

b. Le nombre des valeurs exceptionnelles ne peut pas dépasser ν lorsqu'il y a moins de $\nu + 1 - \lambda$ fonctions fondamentales.

Appelons *multiplicité exceptionnelle* toute multiplicité dont tous les points sont exceptionnels, c'est-à-dire dont les coordonnées, dans un espace à ν dimensions, sont les coefficients d'une combinaison exceptionnelle homogène admise par un système de ν fonctions entières $f_i(z)$. On a le résultat suivant :

Théorème. — *A tout système de ν fonctions entières, admettant des combinaisons exceptionnelles homogènes fondamentales, correspondent au plus $\nu - \lambda$ multiplicités linéaires exceptionnelles $L'_{\lambda+1}$, intersections communes des suites infinies de surfaces exceptionnelles attachées aux groupes exceptionnels admis par le système de fonctions données.*

Les multiplicités $L'_{\lambda+1}$ ont comme intersection commune une L_{λ} unique, λ étant le nombre des relations linéaires et homogènes existant entre les fonctions données.

Lorsque $\lambda = 0$, les $L'_{\lambda+1}$ deviennent des droites exceptionnelles, passant par l'origine o, *à laquelle se réduit L_{λ}.*

(¹) Car autrement l'algébroïde est entière.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Cinématique de l'écoulement autour de profils à dispositifs hypersustentateurs.* Note de M. **André Fortier**, présentée par M. Henri Villat.

J'ai appliqué la méthode chronophotographique à l'étude du champ hydrodynamique autour d'un profil Clark Y muni de dispositifs hypersustentateurs. Grâce à un éclairage très actinique et à des plaques à haute sensibilité j'ai pu opérer à des vitesses de plusieurs mètres par seconde et obtenir des nombres de Reynolds dépassant 300000. Les résultats essentiels sont les suivants :

1° Dans tous les cas, lorsqu'à partir de l'incidence de portance nulle, on augmente progressivement l'incidence du profil, les lignes de courant suivent parfaitement l'extrados jusqu'à une incidence I_1 pour laquelle l'aile atteint son coefficient de portance maximum. A ce moment apparaît un sillage qui oscille perpendiculairement au sens général de l'écoulement. Enfin pour une valeur I_2 de l'incidence le sillage se fixe, son point de décollement sur l'extrados étant alors très près du bord d'attaque.

Il semble que, pour les incidences comprises entre I_1 *et* I_2, *il existe en réalité deux modes possibles d'écoulement*, le fluide passant de l'un à l'autre, sans loi apparente, à intervalles assez rapprochés. La polaire dans cette région possèderait donc deux branches dont l'existence ne peut être révélée par les balances aérodynamiques usuelles, aux oscillations propres trop lentes et trop amorties.

2° Adaptons à une aile donnée divers dispositifs hypersustentateurs et convenons, ce qui s'accorde avec le point de vue pratique, de rapporter pour les divers montages les incidences à une même droite dépendant uniquement de l'aile commune [1].

a. Dans les ailes munies seulement d'un volet d'intrados, l'ouverture du volet produit une diminution de l'incidence assurant une portance donnée. A une incidence déterminée, lorsqu'on ouvre progressivement un volet d'intrados, l'écoulement sur la face dorsale de l'aile est peu modifié, tandis que les vitesses sont fortement diminuées dans la région ventrale ; de ce fait

---

[1] On notera que, d'un point de vue plutôt spéculatif, il peut être préférable dans chaque cas de rapporter l'incidence de l'ensemble aile + dispositif hypersustentateur à la direction de portance nulle. Je reviendrai sur ce point dans une autre publication.

résulte une augmentation de circulation accompagnée d'un déplacement du point d'arrêt amont qui se déplace sur l'intrados en s'éloignant du bord d'attaque. D'autre part le coefficient de portance maximum du profil isolé, correspondant à une incidence I_1, est atteint, pour un braquage donné du volet, avec une incidence I'_1 inférieure à I_1. Il est impossible ensuite de dépasser notablement le coefficient de portance maximum initial; en d'autres termes pour ces ailes *l'ouverture du volet entraîne une diminution de l'angle de portance maximum, et laisse sans gros changement la valeur de cette portance maximum.*

b. Pour les ailes comportant une fente avant manœuvrable, aux faibles incidences l'écoulement autour du profil est pratiquement le même quelle que soit l'ouverture de la fente [1]. Mais aux fortes incidences la fente en s'opposant à l'apparition du sillage va permettre aux dispositifs hypersustentateurs de jouer pleinement leur rôle. Par exemple, avec un profil Clark Y sans fente la portance maximum est atteinte avec une incidence de 13° pour laquelle le sillage naît sur l'extrados; la mise en action de la fente permet d'aller jusqu'à 25° sans faire apparaître de décollement sur l'extrados. En combinant les effets d'une fente avant et d'un volet d'intrados, on peut obtenir des coefficients de portance maximum extrêmement élevés; l'hypersustentation est essentiellement due au volet d'intrados, la fente servant surtout à obliger l'écoulement à suivre sans décoller la face dorsale de l'aile.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'écoulement d'un fluide à l'aval d'une sphère.* Note [2] de MM. **Adrien Foch** et **Charles Chartier**, présentée par M. Marcel Brillouin.

I. Précisons d'abord la nomenclature que nous utilisons et dont la valeur est toute de définition.

A l'aval d'un obstacle fixe immergé dans un courant fluide (ou d'un corps se déplaçant dans une masse fluide immobile à l'infini) existe, comme on sait, une zone troublée, qui est appelée, suivant les auteurs, eau-morte, sillage ou remous, et où le fluide est animé de mouvements d'apparence

---

[1] En fait, aux très faibles incidences, la fente en position d'ouverture peut provoquer sur l'intrados l'apparition d'une zone de fluide mort, ce qui explique l'augmentation de traînée bien connue des pilotes à ces incidences.

[2] Séance du 25 mars 1935.

désordonnée. En réalité il y a lieu de distinguer dans cette zone troublée deux régions : la première, pour laquelle nous réservons le nom de *remous*, est située immédiatement à l'aval de l'obstacle; le fluide qu'elle contient, quoique animé souvent de violents tourbillons (¹), est *moyennement* immobile par rapport à l'obstacle. La seconde au contraire participe au mouvement général du fluide; c'est elle que nous considérons comme constituant proprement le *sillage* (²). L'ensemble du remous et du sillage forme le *fluide mort*. L'importance relative des dimensions du remous et du sillage est variable dans de grandes limites, l'un d'entre eux pouvant disparaître pratiquement dans certains cas.

II. On sait que le coefficient de résistance d'une sphère de diamètre D, plongée dans un fluide de viscosité cinématique ν animé d'une vitesse V est assez constant pour les valeurs du nombre de Reynolds $R = VD : \nu$ inférieures à 10^5 et qu'il éprouve de rapides variations quand R dépasse une valeur critique (³).

Nous avons pensé à lier ces variations de résistance à des changements importants dans la cinématique de l'écoulement et nous avons en conséquence étudié par chronophotographie stéréoscopique (⁴) l'eau morte à l'aval d'une sphère de 15^{cm} de diamètre immergée dans un courant d'eau obtenu en faisant circuler en circuit fermé au moyen d'une pompe centrifuge une masse d'eau de 40 tonnes seulement à travers un canal de section utile $50 \times 50^{cm^2}$. La vitesse de l'eau (connue à 5 pour 100 près environ) peut avoir toute valeur comprise entre 30 et 200 cm/s, de sorte qu'à la plus grande vitesse la période de circulation de l'eau est de l'ordre de la minute.

III. Voici les résultats de notre étude cinématique :

1° Quand la vitesse du courant est inférieure à 90 cm/s ($R < 1,25.10^5$), l'eau morte est constituée à peu près uniquement par un *sillage* où dominent des tourbillons à axes spiralés. La figure 1, qui indique la *partie axiale* de ces tourbillons, donne une représentation fortement schématisée du phénomène.

2° Pour une vitesse du courant comprise entre 90 et 100 cm/s (R voisin

---

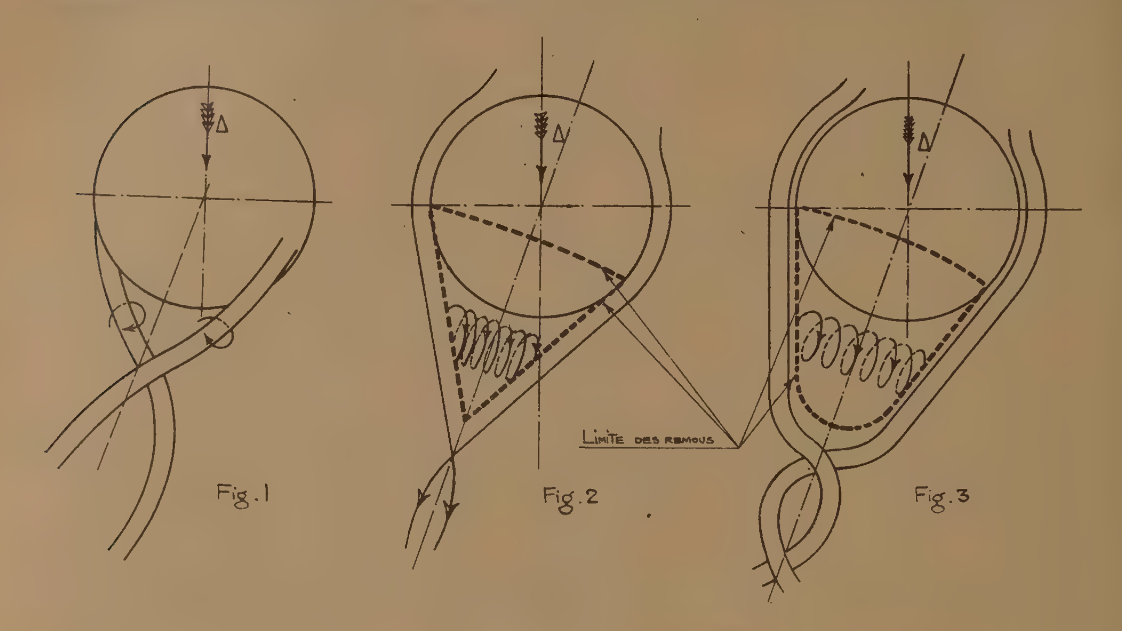
(¹) Le mot est pris dans son sens vulgaire; les mouvements en question, d'allure giratoire, peuvent en effet être très voisins de mouvements à potentiel de vitesse.

(²) Ces dénominations se justifient par la nomenclature vulgaire relative aux navires que le *remous* (dû à l'hélice) accompagne, et qui laissent le *sillage* sur la mer.

(³) Cette valeur critique varie de $1,3 \times 10^5$ à $2,7 \times 10^5$, suivant la turbulence du courant, la rugosité de la sphère, les dimensions du courant, etc.

(⁴) Cf. Ch. Chartier, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1642.

de 130000, soit à très peu près la valeur critique trouvée en 1914 par Riabouchinsky pour une sphère dans une soufflerie très turbulente et où l'effet bouchon de l'obstacle était notable), il apparaît brusquement un *remous*, limité par un cône d'angle au sommet voisin de 55°, tangent à la sphère (*fig.* 2) et siège d'un tourbillon toroïdal. L'axe du tore oscille conti-



nuellement autour du diamètre Δ parallèle à la direction générale de l'écoulement. Les trajectoires des particules appartenant au tourbillon ressemblent à un ressort à boudin fléchi en cercle. Quant au *sillage*, *il a pratiquement disparu :* il se réduit en effet à un enroulement à très long pas, très étroit, autour du diamètre Δ. Cet enroulement débute vers le sommet du cône, à 9^{cm} environ de la sphère; sa largeur est de l'ordre du centimètre; l'enroulement du sillage a même sens que l'enroulement des particules du tourbillon toroïdal autour de Δ.

3° Quand on augmente la vitesse à partir de 100 cm/s, le *remous* s'allonge, en même temps que son sommet s'aplatit; d'autre part, les dimensions du sillage perpendiculairement à Δ augmentent progressivement. Pour V = 200 cm/s (R = 270000), le sillage offre l'apparence d'une colonne torsadée, dont *la grande base, occupant sur la sphère un angle d'environ π stéradians, est en oscillation continuelle sur toute l'hémisphère aval* (*fig.* 3).

IV. Les écoulements observés étant grossièrement à symétrie hélicoïdale, la chronophotographique stéréoscopique est à peu près indispensable à une vue nette des phénomènes : une *coupe photographique* dans l'écoulement, effectuée par exemple en éclairant seulement un plan diamétral de ce dernier, présente en effet des apparences de tourbillons alternés ou de particules déferlant dans l'écoulement général, tous aspects inexistants dans la réalité et qui disparaissent lors de la vision binoculaire.

GÉODÉSIE. — *Observations de l'intensité de la pesanteur au centre de la Chine*. Note (1) de MM. **Pierre Lejay** et **Tsang Hung-Chi**, présentée par M. Georges Perrier.

A l'aide du pendule élastique Holweck-Lejay, nous avons effectué dans le centre de la Chine 65 déterminations de l'intensité de la pesanteur. Ces déterminations sont résumées dans les tableaux suivants qui présentent les g observés, les g réduits et les anomalies correspondantes, suivant les notations adoptées par l'Association de Géodésie de l'Union géodésique et géophysique internationale.

(1) Séance du 25 mars 1935.

Stations.	Lat.	Long.	Alt.		Dates.	Tc.	g.	$g-g_0$.	g_0.	$g-g''_0$.	g''_0.	γ_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	n.	E.
	° ′	° ′	m		1934	s	g	mg	g	mg	g	g	mg	mg	g	mg	mg		
Zi Ka Wei........	31.11,5	121.25.7	7	2,5	4 IX	5,6444	**979,438**	2	979,440	1	979,439	979,416	24	23	979,432	8	7	7	0,3
Tung chow........	31.57,3	120.51,8	28	2,5	6 »	5,6715	**979,506**	8	979,514	5	979,511	979,477	37	34	979,493	21	18	15	0,3
Se ye miao........	32.19	119.50	8	2,5	7 »	5,6751	**979,515**	2	979,517	1	979,516	979,506	11	10	979,522	− 5	− 6	9	1
Ning kwo.........	30.36	118.56	25	2,6	9 »	5,6260	**979,391**	8	979,399	5	979,396	979,368	31	28	979,385	14	11	17	0,5
Wu hu............	31.21	118.21	10	2,5	11 »	5,6470	**979,444**	3	979,447	2	979,446	979,428	19	18	979,444	3	2	14	0,3
Ta tung...........	30.52	117.38	55	2,6	14 »	5,6210	**979,377**	17	979,394	10	979,387	979,389	5	− 2	979,406	− 12	− 19	12	0,4
An king...........	30.31	117. 2	27	2,6	15 »	5,6129	**979,357**	8	979,365	5	979,362	979,361	4	1	979,378	− 13	− 16	12	0,4
Tung liu..........	30.12	116.57	23	2,6	16 »	5,6033	**979,332**	7	979,339	4	979,336	979,336	3	0	979,353	− 14	− 17	12	0,5
Hu kow...........	29.44	116.18	34	2,6	17 »	5,5899	**979,297**	10	979,307	6	979,303	979,300	7	3	979,317	− 10	− 14	12	0,2
Fu chow..........	28. 2	116.14	25	2,6	19 »	5,5392	**979,162**	8	979,170	5	979,167	979,170	0	− 3	979,187	− 17	− 20	12	0,2
Nan cheng........	27.33	116.35	75	2,6	20 »	5,5134	**979,112**	23	979,135	14	979,126	979,135	0	− 9	979,152	− 17	− 26	12	0,3
Nan chang........	28.40	115.53	22	2,5	21 »	5,5565	**979,208**	6	979,214	4	979,212	979,218	4	− 6	979,235	− 21	− 23	14	0,4
Chang shu........	28. 3	115.30	45	2,6	22 »	5,5402	**979,164**	13	979,177	8	979,172	979,172	5	0	979,189	− 12	− 17	12	0,3
Ki an.............	27. 6	115.00	88	2,6	23 »	5,5124	**979,088**	27	979,115	17	979,105	979,101	14	4	979,118	− 3	− 13	15	0,6
Kiu kiang.........	29.43	116. 3	15	2,5	24 »	5,5836	**979,280**	5	979,285	3	979,283	979,299	− 14	− 16	979,316	− 31	− 33	9	0,3
Ki chow..........	30. 1	115.22	15	2,5	25 »	5,5966	**979,314**	5	979,319	3	979,317	979,322	− 3	− 5	979,339	− 20	− 22	12	0,1
Hwang shan.......	30.37	114.54	19	2,5	26 »	5,6073	**979,342**	6	979,348	4	979,346	979,369	− 21	− 23	979,386	− 38	− 40	15	0,5
Kwan shui........	31.38	114. 4	65	2,7	29 »	5,6318	**979,406**	20	979,426	11	979,417	979,460	− 34	− 43	979,476	− 50	− 56	14	0,2
Sin yang chow.....	32. 9	114. 8	71	2,7	29 »	5,6565	**979,468**	22	979,490	13	979,481	979,493	− 3	− 12	979,509	− 19	− 28	14	0,4
Cheng chow.......	34.45	113.40	92	2,5	1 X	5,7360	**979,665**	28	979,693	18	979,683	979,708	− 15	− 25	979,724	− 31	− 41	12	0,4
Lo yang...........	34.47	112.26	136	2,5	2 »	5,7119	**979,606**	42	979,648	27	979,633	979,711	− 63	− 78	979,727	− 79	− 94	12	0,5
Kwan yin tang.....	34.45	111.28	600	2,5	2 »	5,6793	**979,525**	185	979,710	120	979,645	979,708	2	− 63	979,724	− 14	− 79	9	0,4
Shan chow........	34.49	111. 3	320	2,5	3 »	5,6905	**979,553**	98	979,651	64	979,617	979,714	− 63	− 97	979,730	− 79	−113	12	0,2
Tung kwan........	34.40	110. 9	322	2,5	3 »	5,6718	**979,507**	99	979,606	65	979,572	979,701	− 95	−129	979,717	−111	−145	9	0,3
Wei nan...........	34.28	109.24	343	2,5	4 »	5,6659	**979,495**	105	979,600	70	979,565	979,684	− 84	−119	979,700	−100	−135	9	0,5
Yeng cheng........	33.36	114. 2	50	2,6	6 »	5,7008	**979,579**	15	979,594	10	979,589	979,612	− 18	− 23	979,628	− 34	− 39	4	1.
Han kow..........	30.33	114.17	19	2,5	8 »	5,6139	**979,359**	6	979,365	4	979,363	979,364	1	− 1	970,381	− 16	− 18	14	0,4
Ti tan se..........	30. 6	114. 2	20	2,5	10 »	5,5944	**979,308**	6	979,314	4	979,312	979,326	− 12	− 14	979,343	− 29	− 31	9	0,3
Yo chow..........	29.28	113.12	60	2,6	11 »	5,5716	**979,249**	18	979,267	11	979,260	979,279	− 12	− 19	979,296	− 29	− 36	9	0,3
Chang sha........	28.12	112.59	41	2,5	14 »	5,5397	**979,163**	12	979,175	8	979,171	979,183	− 8	− 12	979,200	− 25	− 29	9	0,3
Hung ghiao........	26.48	112. 5	135	2,6	15 »	5,4921	**979,033**	41	979,074	26	979,059	979,080	− 6	− 21	979,097	− 23	− 38	11	0,2
Chen chow........	25.48	112.59	265	2,6	15 »	5,4491	**978,914**	81	978,995	52	978,966	979,008	− 13	− 42	979,025	− 30	+ 59	14	0,4
Lei yang...........	26.26	112.50	105	2,6	15 »	5,4811	**979,003**	32	979,035	20	979,023	979,053	− 18	− 30	979,070	− 35	− 47	9	0,3
Heng chow........	26.56	112.35	60	2,5	17 »	5,5015	**979,059**	18	979,077	12	979,071	979,089	− 12	− 18	979,106	− 29	− 35	9	0,3
Nan yao..........	27.14	112.38	115	2,6	17 »	5,4996	**979,054**	35	979,089	22	979,076	979,111	− 22	− 35	979,128	− 39	− 52	6	0,4

Stations.	Lat.	Long.	Alt.		Dates.	Tc.	g.	$g-g_0$.	g_0.	$g-g''_0$.	g''_0.	γ_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	n.	E.
	° '	° '	m		1934	s	g	mg	g	mg	g	g	mg	mg	g	mg	mg		
Chang sha	28.12	112.59	41	2,5	17 X	5,5395	**979,163**	12	979,175	8	979,171	979,183	− 8	− 12	979,200	− 25	− 29	3	0,5
Te shan	28.58	111.35	39	2,5	18 »	5,5607	**979,220**	12	979,232	8	979,228	979,241	− 9	− 13	979,258	− 26	− 30	9	0,3
Yi yang	28.43	112.20	33	2,5	19 »	5,5574	**979,211**	10	979,221	7	979,218	979,222	− 1	− 4	979,239	− 18	− 21	9	0,3
Ta she yi	29.42	112.49	36	2,5	21 »	5,5767	**979,262**	11	979,273	7	979,269	979,297	− 24	− 28	979,314	− 41	− 45	12	0,4
Shih show	29.43	112.27	40	2,5	22 »	5,5737	**979,254**	12	979,266	8	979,262	979,299	− 33	− 37	979,316	− 50	− 54	12	0,3
King men	31. 1	112. 4	90	2,6	24 »	5,6112	**979,352**	27	979,379	17	979,369	979,402	− 23	− 33	979,418	− 39	− 49	12	0,4
Lao ho kow	32.23	111.38	90	2,6	25 »	5,6488	**979,449**	27	979,476	17	979,466	979,512	− 36	− 46	979,528	− 52	− 62	9	0,3
Fang cheng	32. 2	112. 4	80	2,5	25 »	5,6376	**979,420**	24	979,444	16	979,436	979,483	− 39	− 47	979,499	− 55	− 63	12	0,4
Sha she	30.16	112.17	50	2,5	26 »	5,5934	**979,306**	15	979,321	10	979,316	979,339	− 18	− 23	979,356	− 35	− 40	9	0,3
I chang	30.42	111.17	58	2,6	30 »	5,5956	**979,312**	18	979,330	11	979,323	979,376	− 46	− 53	979,393	− 63	− 70	9	0,3
Yeh tan (Patung)	30.56	110.34	100	2,7	4 XI	5,5722	**979,250**	31	979,281	18	979,268	979,394	− 13	− 26	979,411	−130	−143	10	0,5
Kwei chow	31. 2	109.31	150	2,6	5 »	5,5745	**979,256**	46	979,302	29	979,285	979,403	−101	−118	979,419	−117	−134	9	0,3
Wan shien	30.49	108.24	185	2,6	7 »	5,5675	**979,238**	57	979,295	36	979,274	979,385	− 90	−111	979,402	−107	−128	9	0,3
Chung chow	30.20	108. 2	177	2,6	8 »	5,5543	**979,202**	54	979,256	34	979,236	979,347	− 91	−111	979,364	−108	−128	9	0,4
Min wei tao, baie	29.27	106.42	172	2,6	11 »	5,5360	**979,153**	53	979,206	33	979,186	979,278	− 72	− 92	979,295	− 89	−109	11	0,4
Chung king	29.34	106.35	196	2,6	14 »	5,5359	**979,152**	60	979,212	38	979,190	979,287	− 75	− 97	979,304	− 92	−114	11	0,3
I chang	30.42	111.17	58	2,6	16 »	5,5966	**979,314**	18	979,332	11	979,325	979,376	− 44	− 51	979,393	− 61	− 68	9	0,3
Han kow	30.33	114.17	19	2,5	20 »	5,6143	**979,363**	6	979,366	4	979,364	979,364	2	0	979,381	− 15	− 17	9	0,3
Zi Ka Wei	31.11,5	121.25,7	7	2,5	26 »	5,6440	**979,437**	2	979,439	1	979,438	979,416	23	22	979,432	7	6	12	0,3
Zi Ka Wei	31.11,5	121.25,7	7	2,5	1935 5 I	5,6450	**979,439**	2	979,441	1	979,440	979,416	25	24	979,432	9	8	9	0,5
Zi Ka Wei	31.11,5	121.25,7	7	2,5	22 »	5,6436	**979,435**	2	979,437	1	979,436	979,416	21	20	979,432	5	4	12	0,3
Peng pu	32.57	117.26	15	2,6	24 »	5,6855	**979,541**	4	979,545	3	979,544	979,558	− 13	− 14	979,574	− 29	− 30	12	0,3
Su chow	34.18	117.16	30	2,5	25 »	5,7356	**979,664**	9	979,673	6	979,670	979,670	3	0	979,686	− 13	− 16	12	0,3
Yun ho	34.21	118. 2	34	2,5	26 »	5,7445	**979,685**	10	979,695	7	979,692	979,675	20	17	979,691	4	1	9	0,4
Hei chow	34.34	119.12	12	2,5	27 »	5,7555	**979,712**	4	979,716	2	979,714	979,693	23	21	979,709	7	5	9	0,4
Lien yun kan	34.43	119.26	30	2,5	29 »	5,7622	**979,728**	9	979,737	6	979,734	979,705	32	29	979,721	16	12	9	0,4
Tang shan	34.27	116.25	37	2,5	30 »	5,7464	**979,690**	11	979,701	7	979,697	979,683	18	14	979,699	2	− 2	9	0,4
Shang kiu	34.26	115.37	43	2,5	31 »	5,7399	**979,674**	13	979,687	8	979,682	979,681	6	1	979,697	− 10	− 15	9	0,5
Kai feng	34.48	114.21	60	2,5	1 II	5,7345	**979,661**	18	979,679	12	979,673	979,712	− 33	− 39	979,728	− 49	− 55	12	0,3
Cheng chow	34.45	113.40	92	2,5	2 »	5,7360	**979,665**	28	979,693	18	979,683	979,708	− 15	− 25	979,724	− 31	− 41	12	0,3
Han kow	30.33	114.17	19	2,5	6 »	5,6137	**979,359**	6	979,365	4	979,363	979,364	1	− 1	979,381	− 16	− 18	13	0,3
Zi Ka Wei	31.11,5	121.25,7	7	2,5	10 »	5,6436	**979,435**	2	979,437	1	979,436	979,416	21	20	979,432	5	4	11	0,3

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Un galvanomètre à veine liquide.* Note de M. **Lucien Bull**, présentée par M. Charles Richet.

La considération des propriétés si remarquables et si précieuses de l'oscillographe cathodique nous a incité à chercher si des résultats intéressants ne pourraient pas être obtenus par l'emploi, au lieu d'un flux d'électrons, d'un jet matériel, un jet liquide par exemple. Les premiers essais nous ont encouragé à poursuivre cette étude par la construction d'un galvanomètre basé sur ce principe.

Cet appareil consiste en un électroaimant puissant dont l'entrefer, très étroit comme dans le galvanomètre à corde, est parcouru verticalement de haut en bas par un mince jet d'eau d'environ 3/10e de millimètre de diamètre. L'eau est rendue conductrice par l'addition de 5 ou 10 pour 100 de sel ordinaire ou d'acide sulfurique. Lorsque, au moyen de connexions appropriées, ce jet est parcouru par un courant électrique, il est dévié de sa position d'équilibre par l'action du champ magnétique. Cette déviation est directement proportionnelle, toutes choses égales d'ailleurs, au temps pendant lequel les différents points du jet ont été soumis à l'action du champ et la nouvelle position d'équilibre est une droite faisant avec la position verticale originale un certain angle, dont le sommet se trouve à l'entrée du champ. La plus forte déviation du jet étant en bas, un dispositif microscopique est fixé à la partie inférieure de l'électroaimant et permet de projeter sur un écran ou sur la fente d'un appareil enregistreur, une image très agrandie du jet à son point de sortie du champ magnétique.

Le côté intéressant de cet appareil est le suivant. Le jet d'eau n'offre aucune résistance élastique sensible aux forces tendant à le déplacer. L'amplitude de sa déviation est fonction de l'intensité du courant qui le traverse et de celle du champ, ainsi que de la vitesse et de la masse du jet. Mais la masse intervient seulement pour diminuer la sensibilité de l'instrument, l'effet de force vive, source la plus habituelle de la déformation des tracés, est entièrement éliminé. Lorsque le courant traversant le jet cesse, la reprise de la position initiale de celui-ci se fait par la descente d'une nouvelle portion, verticale, de la veine liquide; il n'y a pas à proprement parler de retour à zéro; il s'établit un nouveau zéro qui coïncide exactement avec l'ancien, ce qui supprime toute nécessité d'amortissement.

Ce galvanomètre a une période propre qui correspond au temps que met

un point du jet à traverser le champ magnétique. Elle est donc fonction des dimensions linéaires de celui-ci et de la vitesse du jet. Dans notre modèle expérimental, où cette vitesse est d'environ 6^m à la seconde et la hauteur des pôles de l'électroaimant de 3^{cm}, la période est de l'ordre de 0,005 seconde. L'appareil peut néanmoins répondre à des courants de plus courte durée mais par une déviation moins grande pour une même intensité de courant. Comme sensibilité, avec un jet de 35/100e de millimètre de diamètre et un grossissement de 100 fois, on obtient une déviation de 25^{mm} en 1/200e de seconde.

Quoique cet instrument dans l'état actuel de son développement ne puisse rivaliser, au point de vue de la sensibilité, avec le galvanomètre à corde, par exemple, il présente néanmoins certaines qualités qui ne se rencontrent dans aucun autre appareil, exception faite de l'oscillographe cathodique.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Méthode générale de calcul des courants de défaut des réseaux électriques maillés.* Note [1] de M. **Ch. Lavanchy**, transmise par M. André Blondel.

La méthode générale de calcul des réseaux maillés en régime équilibré exposée antérieurement [2] peut être adaptée à la détermination du courant de défaut de ces réseaux, en utilisant la théorie des ensembles symétriques qui permet de remplacer les vecteurs dissymétriques par des combinaisons de leurs composantes symétriques, équilibrées par définition.

Considérons en courants triphasés un réseau maillé quelconque, comprenant des appareils générateurs ou récepteurs tournants, caractérisés chacun par une force électromotrice équilibrée $\overline{E}$ et une admittance convenable; un certain nombre de mailles (à trois conducteurs symétriques) décomposées au préalable en leurs circuits en π, réunissant les sommets deux à deux d'une façon quelconque; enfin le sommet S_x siège du défaut. On remplacera ce réseau par trois autres : le *réseau synchrone* constitué par les admittances synchrones $\overline{Y}^s$ des divers appareils et mailles, le *réseau inverse* constitué par les admittances inverses $\overline{Y}^i$, enfin le *réseau homopolaire* formé par les admittances $\overline{Y}^o$.

Chacun de ces circuits est tout d'abord transfiguré par la méthode

(1) Séance du 25 mars 1935.

(2) Ch. Lavanchy, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 458; *R. G. E.*, 36, 1934, p. 11.

exposée dans notre Note précédente, jusqu'à ce qu'on ne conserve que le sommet S_x et les sommets alimentés par les forces électromotrices $\overline{E}$. On obtient ainsi trois réseaux équivalents formés de mailles reliant les différents sommets conservés soit entre eux deux à deux, soit avec la terre.

Quand on calcule le court-circuit en S_x, on ne conserve que les admittances rayonnant en étoile autour de ce point; car les autres ne participent pas à l'alimentation du court-circuit.

Désignons par $\overline{Y}_{px}$ l'admittance de la branche $S_p S_x$ de cette étoile, par $\overline{\mathcal{Y}}_x$ la somme des $\overline{Y}_{px}$ étendue à toutes les branches de l'étoile; par $\overline{Y}_x$ l'admittance dérivée à la terre en S_x (ces admittances étant affectées des indices s, i ou o suivant la composante symétrique envisagée); enfin par $\overline{E}_p^a$ la force électromotrice en S_p pour la phase a. On a entre les composantes symétriques $\overline{U}_x^s$, $\overline{U}_x^i$, $\overline{U}_x^o$ de la tension en S_x, les composantes symétriques du courant de court-circuit $\overline{J}_{cc}^s$, $\overline{J}_{cc}^i$, $\overline{J}_{cc}^o$ et les $\overline{E}^a$ les relations suivantes, la somme Σ étant étendue à toutes les branches de l'étoile du réseau synchrone,

(1) $$\overline{J}_{cc}^s = \Sigma \overline{E}_p^a \overline{Y}_{px}^s - \overline{U}_x^s(\overline{\mathcal{Y}}_x^s + \overline{Y}_x^s),$$

(2) $$\overline{J}_{cc}^i = -\overline{U}_x^i(\overline{\mathcal{Y}}_x^i + \overline{Y}_x^i),$$

(3) $$\overline{J}_{cc}^o = -\overline{U}_x^o(\overline{\mathcal{Y}}_x^o + \overline{Y}_x^o).$$

Ces expressions ramènent le calcul du courant de court-circuit d'un réseau maillé à celui bien connu d'un réseau simple d'admittances $\overline{\mathcal{Y}}_x^s + \overline{Y}_x^s$, $\overline{\mathcal{Y}}_x^i + \overline{Y}_x^i$, $\overline{\mathcal{Y}}_x^o + \overline{Y}_x^o$ branchées sur une force électromotrice fictive égale à

$$\Sigma \overline{E}_p^a \overline{Y}_{px}^s : (\overline{\mathcal{Y}}_x^s + \overline{Y}_x^s).$$

Quand on calcule, dans une maille quelconque, le courant correspondant au courant de défaut en S_x, on détermine de proche en proche les composantes symétriques des tensions résiduelles aux nœuds supprimés par les transfigurations, en fonction des $\overline{U}_x$ et des $\overline{E}$, en appliquant le théorème II de notre précédente Note; puis on calcule les composantes symétriques correspondantes des courants, enfin, par les formules connues, les tensions et les courants de phases ([1]).

La méthode est ainsi absolument générale et permet d'établir l'état électrique de tous les réseaux maillés aussi bien pour les régimes accidentels que pour les régimes de charges normales.

([1]) Voir notamment A. Blondel, *Les courants alternatifs*, Chap. XII, Paris, 1933.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Détection des interactions moléculaires par le temps de relaxation des molécules polaires.* Note de MM. **Pierre Girard** et **Paul Abadie**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que Debye a rendu compte de la dispersion et de l'absorption, dans le domaine hertzien, de molécules portant un moment permanent en faisant intervenir le temps de relaxation d'orientation (τ) de ces molécules.

L'équation relative à la dispersion à laquelle il est parvenu s'écrit sous sa forme réelle

$$\varepsilon' = \varepsilon_0 + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_0}{1 + \left(\frac{\varepsilon_1 + 2}{\varepsilon_0 + 2}\right)^2 \omega^2 \tau^2}; \tag{1}$$

$\varepsilon_0 =$ CD *optique*; $\varepsilon_1 =$ CD *statique et* ω *la fréquence*; τ *est le temps de relaxation de la forme*

$$\tau = \frac{4\pi\eta a^3}{KT}, \tag{2}$$

η *la viscosité du milieu; a le rayon de la molécule supposée sphérique:* K *la constante de Boltzman;* T *la température absolue.*

Cette théorie concerne les milieux très dilués où les interactions moléculaires sont négligeables.

Notre méthode a consisté à étudier expérimentalement la dispersion de molécules polaires à l'état de liquides purs ou diluées (leur concentration restant notable) dans des milieux non polaires, et à rechercher et interpréter les désaccords entre les données de l'expérience et la théorie de Debye envisagée comme modèle de référence.

La comparaison des divers molécules polaires, monoalcools et polyalcools notamment, à l'état de liquides purs ou de solutions dans le benzène, nous a donné ce résultat remarquable, conforme à la théorie, que même pour des variations énormes de η et de T, le temps de relaxation (τ), varie bien proportionnellement au rapport η/T, la valeur de a restant constante.

Cette valeur de a s'obtient à partir de la courbe expérimentale de dispersion, construite à l'aide de la deuxième méthode de Drude (méthode des fils Lecher), en cherchant quelle valeur il faut donner à a, dans l'expression (1) de Debye, pour que la courbe ainsi obtenue coïncide le mieux possible avec la courbe expérimentale. C'est cette constance de a, propor-

tionnelle à τ indépendamment de la viscosité et de la température, qui nous a rendu possible l'étude comparative du temps de relaxation des différentes molécules. Les données ci-dessous sont relatives à la dilution de molécules polaires dans des solvants non polaires.

Dans les figures 1 et 2, les valeurs de r en ordonnées correspondent aux rapports des (τ) des molécules polaires dans les milieux dilués et dans

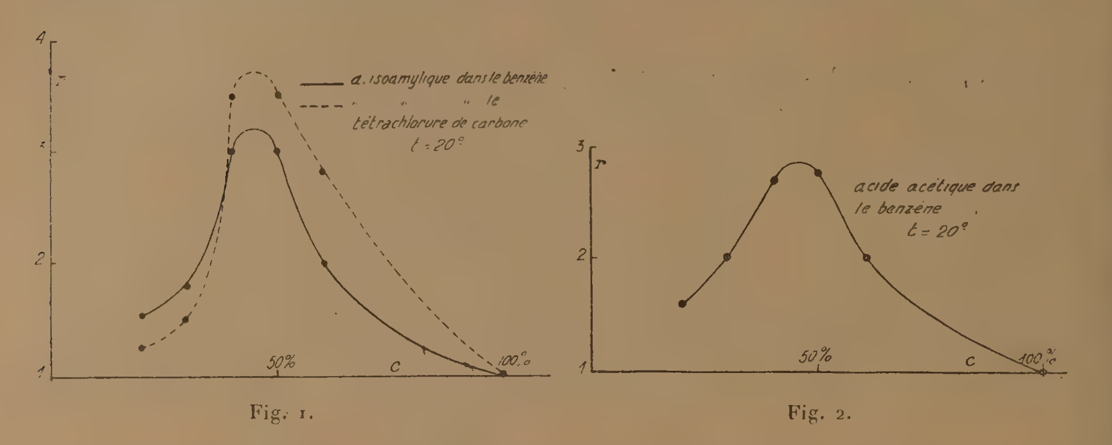


Fig. 1. Fig. 2.

le liquide pur. En abscisses sont portées les concentrations en molécules polaires.

Le solvant non polaire ne présentant aucune dispersion, en diluant des molécules polaires dans un tel solvant, nous ne faisons rien d'autre, quant aux effets sur (τ), que de faire varier les distances de ces molécules polaires en intercalant entre elles des molécules non polaires. L'influence (d'une ampleur inattendue) d'une telle dilution sur les valeurs de (τ) ne peut être imputable qu'aux interactions moléculaires.

Des molécules polaires, très différentes, diluées dans C^6H^6 (monoalcools, citral, méthylheptétnone, dichlorhydrine), et l'eau dans le dioxane nous ont donné des courbes tout à fait analogues à celles de la figure 1; la plupart, avec des maxima plus élevés. On ne peut donc douter de la généralité du phénomène.

Le temps de relaxation apparaît donc comme un détecteur extrêmement sensible des interactions moléculaires. Les courbes en cloche, montrent que deux sortes d'interactions sont à considérer dans un milieu polaire, celles qui accroissent et celles qui diminuent (τ). La deuxième modalité, particulièrement remarquable, intervient concurremment avec la première à partir d'une distance suffisamment petite des molécules polaires. Dans le liquide pur, si la molécule n'a qu'un moment élémentaire, ces deux types

d'action s'équilibrent à peu près et la valeur trouvée pour a coïncide avec celle déduite des données critiques comme l'avait vu Mizuschima pour les monoalcools. Cependant, si le moment permanent est beaucoup plus petit que celui des monoalcools, la valeur de a est trop grande (acide acétique).

Si la valeur de μ est au contraire beaucoup plus grande que celle des monoalcools, a est trop petit (citral ou méthylhepténone). Chez les polyalcools, où figurent plusieurs moments élémentaires, a est beaucoup trop petit et décroît linéairement avec le nombre de moments élémentaires figurant dans la molécule.

En somme, en ce qui concerne les milieux polaires, deux types d'interaction agissent concuremment; 1° celles qui accroissent le temps de relaxation; 2° celles qui diminuent ce temps de relaxation. Ces dernières sont fonction du moment par unité de volume et de la distance moléculaire.

PHOTOCHIMIE. — *Influence des cathions sur la sensibilité des émulsions photographiques.* Note de M. **André Charriou** et Mlle **S. Valette**, présentée par M. Jean Perrin.

Poursuivant nos recherches sur le rôle des phénomènes d'oxydation et de réduction vis-à-vis de la sensibilité photographique, nous nous sommes proposé d'effectuer l'étude systématique de l'influence des cathions sur la sensibilité d'une émulsion photographique.

Nos expériences ont porté sur une émulsion à l'iodobromure d'argent, à très haute sensibilité (1800° H. et D.), contenant 4,65 pour 100 d'iodure d'argent par rapport à la masse du bromure d'argent.

Des sels métalliques, en solution aqueuse, étaient incorporés à l'émulsion au cours ou à la fin de la maturation en refonte. Après coulage de l'émulsion sur verre et séchage rapide, les plaques étaient exposées au sensitomètre et développées comparativement à des plaques portant une émulsion préparée dans des conditions rigoureusement identiques, mais non additionnée de sels métalliques.

Les sels employés étaient des chlorures, nitrates ou sulfates et nous avons vérifié que les phénomènes constatés sur les émulsions étaient bien dus à la présence des cathions et non à celle des anions.

Résultats expérimentaux. — Les résultats de nos principales expériences sont réunis dans le tableau ci-après :

Nature des sels métalliques.	Nombre de molécules du sel par molécule de bromure d'argent.	Rapport de la sensibilité des émulsions traitées à celle des émulsions normales.	Différence de la densité du voile des émulsions traitées à celle des émulsions normales.
$MgCl^2$	0,005 à 0,05	1	0,1 à 0,2
$CdCl^2$	0,0015 à 0,015	1	0
$NiCl^2$	0,0037	0,2	+0,4
»	0,01	0,12	+0,5
»	0,017	0,1	+0,6
$CoCl^2$	0,012	0,31	0
»	0,03	0,25	0
»	0,06	0,16	0
»	0,18	0,1	0
$FeCl^2$	0,00014 à 0,0005	1 à 1,2	0 à +0,2
»	0,0017 à 0,0088	inférieur à 0,01	supérieure à +2
$FeCl^3$	0,0066	1	0
»	0,013	0,7	−0,2
»	0,02	0,4	−0,4
»	0,026	0,2	−0,5
$UO^2(NO^3)^2$	0,004	0,8	+0,1
»	0,016	0,4	+0,5
$Al^2(NO^3)^6$	0,006 à 0,012	1	0
$AgNO^3$	0,00001	1	0
»	0,0001 à 0,001	1 à 1,2	+0,1 à +0,2
»	0,002	1,5	+0,3
»	0,004	1,9	−0,9
Hg^2Cl^2	0,000025	1,2	0
»	0,00006	0,8	0
$HgCl^2$	0,0016 à 0,0032	0,02 à 0,01	+0,5
$CuSO^4$	0,0085	0,08	0,1
»	0,02	0,056	0,1
»	0,04	0,032	0,2
»	0,12	0,008	−0,2
»	0,24	inférieur à 0,008	−0,3
$Pb(NO^3)^2$	0,006	0,4	0,1
$AuCl^3$	0,00045	0,8	0
»	0,0022	0,6	+0,5
$Th(NO^3)^4$	0,004	1	0
»	0,008	0,8	0
$Zr(NO^3)^4$	0,005	0,9	0
»	0,01	0,65	0
$TlNO^3$	0,0065	0,7	0
»	0,013	0,5	+0,1

Nature des sels métalliques.	Nombre de molécules du sel par molécule de bromure d'argent.	Rapport de la sensibilité des émulsions traitées à celle des émulsions normales.	Différence de la densité du voile des émulsions traitées à celle des émulsions normales.
$TlNO^3$..........	0,025	0,3	+0,1
$AsCl^3$..........	0,001	1	0
»	0,005	0,8	0
»	0,01	0,65	0

Conclusions. — Ces expériences montrent que, suivant leur influence sur la sensibilité photographique, les cathions peuvent être classés en quatre catégories :

a. Cathions inactifs vis-à-vis de la sensibilité : Cd, Al et Mg, ce dernier ralentissant la formation du voile chimique.

b. Cathions provoquant une chute de sensibilité ainsi qu'une destruction du voile chimique : Th, Fe‴, Zr, As, Pb, Co et Cu (par ordre d'efficacité croissante).

c. Cathions provoquant une chute de sensibilité ainsi qu'une formation de voile chimique : Tl, U, Au, Ni, Fe″ et Hg″ (par ordre d'efficacité croissante).

d. Cathions provoquant une augmentation de la sensibilité : Hg′, Fe″ (seulement dans le cas des très faibles concentrations) et Ag; pour ce dernier corps, l'élévation de la sensibilité est toujours accompagnée de la formation d'un voile chimique.

Les différences considérables constatées dans l'activité des divers cathions ne semblent pas pouvoir être appliquées par les seules variations du potentiel d'oxydation ou de réduction de ces ions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des gaz* (H, N, O) *sur les photocellules à matières colorantes*. Note (1) de Mlle **Cécile Stora**, présentée par M. Jean Perrin.

En admettant, pour le mécanisme des phénomènes photovoltaïques, l'hypothèse d'une photolyse de l'eau (2), j'ai montré (3) que, si l'on utilise des matières colorantes comme substances photosensibles, il ne semble pas possible de rendre les auxochromes (NH^2, OH) responsables du photopotentiel observé. Par contre, les photopotentiels négatifs (sur

(1) Séance du 25 mars 1935.

(2) R. Audubert, *J. de Physique*, 5-7, 1934, p. 486.

(3) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 552.

platine), obtenus avec la forme oxydée d'un grand nombre de colorants, peuvent être interprétés par une réduction du chromophore (leuco = amine).

Cette apparition d'un photopotentiel négatif est explicable.

Les expériences, en effet, ont été effectuées à l'oxygène de l'air (sur des substances très oxydées) dans une solution de $SO^4K^2/100$, solution dans laquelle on peut considérer que l'oxygène, dissous à une pression sensiblement constante, joue le rôle de tampon. On comprend alors que l'oxygène résultant d'une photolyse de l'eau (O^2, H^2) demeure inopérant sur le colorant oxydé, lequel reste sensible aux molécules d'hydrogène.

Schématiquement on peut écrire : l'équilibre entre les formes oxydées et réduites d'un indicateur d'oxydo-réduction : $Ox + H^2 \rightleftharpoons Red$; l'hypothèse de la photolyse de l'eau : $H^2O + h\nu \rightarrow H^2 + 1/2\,O^2$.

Par suite l'influence d'une atmosphère d'oxygène se traduira : à l'obscurité par $Red + O^2 \rightarrow Ox$; à la lumière par $Ox + H^2 \rightarrow Red$ (photopotentiel < 0). L'interversion de ces deux équations indiquera l'influence de l'hydrogène (photopotentiel > 0).

Un processus analogue peut être invoqué quant à l'influence des électrolytes. Un électrolyte de rH supérieur à celui de l'indicateur (oxydant), bloquant la faculté d'oxydation de la molécule, favorisera sa réduction à la lumière (photopotentiel < 0). Inversement, un milieu de très faible rH [réducteur ([1])] permettra son oxydation.

L'action des gaz (O, N, H) sur les électrodes photosensibles à matières colorantes, corrobore cette conception. Le photopotentiel négatif sous pression d'oxygène, diminue ou s'inverse dans une atmosphère d'azote et peut devenir très positif par passage d'un courant d'hydrogène. Le processus est réversible.

Les mesures ci-après (Tableaux I et II) ont été effectuées dans une fiole de Michaelis, à une concentration déterminée en ions hydrogène.

Les résultats déjà établis [*loc. cit.*, ([2])], en particulier ceux qui concernent les indicateurs de rH, montrent qu'une étroite corrélation existe entre l'équilibre d'oxydoréduction, du colorant adsorbé sur l'électrode, la photopotentiel et la coloration (absorption).

Il y a lieu de rappeler ici les deux types de virages dont les colorants sont le siège. Le premier correspond aux changements de coloration (multiples parfois) d'un indicateur ordinaire de pH, dans un milieu acide

([1]) C. Stora, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1034.

([2]) C. Stora, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1763.

ou basique. Le deuxième traduit la variation d'équilibre d'oxydoréduction, qui, à l'HP_{H} constant, fait passer l'indicateur de la forme oxydée (colorée) à la forme réduite (pratiquement incolore).

I. — Colorants dont le processus d'oxydoréduction est réversible.

Pt + bleu de Nil (précision = 1/40e de millivolt).
(Collodion, 0,25 pour 100; colorant, 0g,5 pour 100; pH = 6.)

Hydrogène (sur la forme oxydée à l'air).			Oxygène (sur l'électrode précédente : hydrogène).		
Temps.	E_h en millivolts.	Photopotentiel en millivolts.	Temps.	E_h en millivolts.	Photopotentiel en millivolts.
h m			h m		
0. 0.....	+600	−0,4	0. 0......	−310	+8
0. 9.....	− 72	+1,6	0.12......	+314	−0,4
0.35.....	−362	-	0.28......	+373	−0,68
0.50.....	−340	+4	1. 4......	+426	−0,68
1.20.....	−336	+5,4	2. 5......	+444	−0,55
13.30.....	−310	+8	12.45......	-	−0,55

Pt + bleu de méthylène (précision = 1/40e de millivolt).
(Collodion, 1,5 pour 100; colorant, 2g pour 100; pH = 7.)

Hydrogène (sur la forme oxydée à l'air).			Oxygène (électrode précédente à hydrogène).		
Temps.	E_h en millivolts.	Photopotentiel en millivolts.	Temps.	E_h en millivolts.	Photopotentiel en millivolts.
h m			h m		
0. 0.....	+470	−8	0. 0......	−398	+1
0.15.....	−388	+0,2	0.10......	+414	−2
0.57.....	−396	+0,3	1.40......	+420	−2,45
1.21.....	−397	+0,5			
2.36.....	−398	+0,5			
8.15.....	−398	+1			

II. — Processus d'oxydoréduction irréversible.

Pt + vert brillant. (Collodion, 1,5 pour 100; colorant, 0g,5 pour 100; SO^4H^2/100.)

Hydrogène (sur la forme oxydée à l'air).			Oxygène (électrode précédente).		
Temps.	E_h en millivolts.	Photopotentiel en millivolts.	Temps.	E_h en millivolts.	Photopotentiel en millivolts.
h m			h m		
0. 0.....	+444	+1	0. 0......	+ 28	+2,3
0.28.....	+ 28	−	1.........	+282	−
1. 4.....	− 6	−	2.........	+304	+1,3
1.55.....	− 21,6	+1,6	20.........	+338	+1,28
2.40.....	+ 2	+2,3			
19........	+ 28	+2,3			

Dans une électrolyte, tamponné en ions hydrogène, le photopotentiel est lié au deuxième mode de virage, la lumière décolorant (réduisant) la forme oxydée pour recolorer la forme réduite.

On est ainsi conduit à penser, quelle que soit la théorie chimique ou physique adoptée pour justifier la coloration (quinonique, ion coloré, etc.) que la lumière, par un mécanisme encore supposé, affecte dans la molécule, le groupement ou l'atome responsable de la couleur, groupement auquel est aussi attribué l'équilibre d'oxydoréduction.

RAYONS X. — *Étude du spectre* L *du mercure.* Note [1] de Mlle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Jean Perrin.

Les rares données quantitatives que l'on possède sur le spectre X caractéristique du mercure sont très peu concordantes [2], ce qui peut justifier une nouvelle étude de l'émission de cet élément.

J'ai analysé son spectre L à l'aide d'un spectrographe à focalisation, utilisant un mica courbé sous 40^{cm} de rayon. Le mercure a été employé soit sous forme d'amalgame d'argent à l'intérieur d'un tube Coolidge, soit à l'état de liquide pur, bombardé à l'air libre par un faisceau d'électrons, suivant une technique analogue à celle établie par H. Hulubei et moi-même pour l'étude de l'émission X caractéristique des gaz [3]. Suivant la nature des raies à observer, les temps de pose ont varié entre 5 minutes et 1 heure avec, pour le tube Coolidge, un débit de 20 milliampères sous 40 kilovolts, et quelques dizaines de microampères d'électrons excitateurs, sortant d'une fenêtre en nickel mince, dans le cas de l'excitation à l'air libre. Les clichés ont été analysés à l'aide d'un comparateur et d'un microphotomètre de Moll et mesurés par l'intermédiaire des références suivantes [1] : spectres K de : argent, strontium, rubidium, zinc, cuivre, nickel, fer; raies $L\gamma_1$, β_1, β_2, β_3, α_1 du tungstène, $L\alpha_1$ du plomb.

La partie des résultats déjà obtenus qui concerne les raies L du mercure les plus fortes figure dans le Tableau I. Il y a bon accord pour les quatre raies intenses : α_1, β_1, β_2, γ_1 entre les valeurs mesurées et celles obtenues par Friman dans ses mesures de précision au *Tubusspektrograph*. Dans

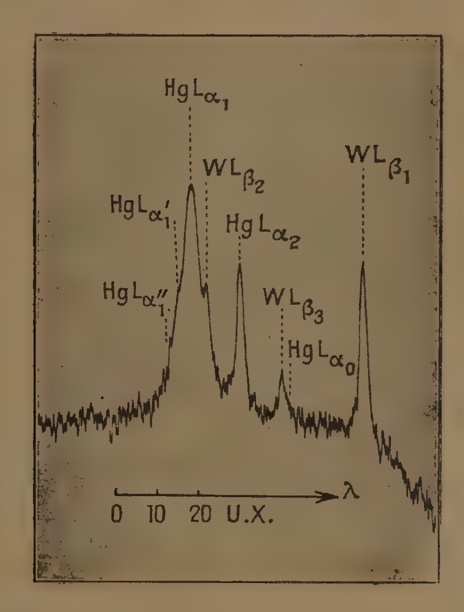
(1) Séance du 25 mars 1935.

(2) Voir Siegbahn, *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*, 2[te] Auflage.

(3) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1590; **197**, 1933, p. 644 et 681.

l'ensemble les écarts avec les données des autres auteurs sont souvent très grands et ne sont pas systématiques. Remarquons que les raies γ_2 et γ_6 données par Eddy et Turner comme confondues constituent en réalité un doublet bien séparé dans lequel γ_6 est la composante la plus courte et la plus intense.

Il a été observé pour la première fois au cours de ce travail que $L\alpha_1$ du mercure est accompagnée d'une bande large et nette, peut-être résoluble, qui s'étend à partir de α_1 vers les courtes ondes sur environ 8 U.X; on y distingue deux raies fines (α'_1, α''_1 Tableau I). La raie notée α_0 a surtout paru dans le spectre du mercure liquide pur, ce qui a permis de la distinguer de



Microphotogramme du groupe Hg L α, 1er ordre. Grossissement : 7.
(Les raies normales sont surexposées.)

la raie voisine $L\beta_3$ du tungstène qui peut être émise dans le cas de l'excitation à l'intérieur du tube Coolidge à filament de tungstène.

Dans le Tableau II sont rassemblées les valeurs des fréquences des niveaux du mercure que l'on a pu déduire des raies d'émission figurant dans le Tableau I, en admettant pour les discontinuités d'absorption L : $L_I = 1092,40$, L_{II} 1046,44; $L_{III} = 904,53$ en ν/R (*loc. cit.*) (absorption L du bichlorure de mercure).

Tableau I.

	Longueurs d'onde (en unités X) d'après				
	Müller.	Eddy et Turner.	Friman.	L'auteur.	ν/R d'après l'auteur.
$L_I\,M_{II}$: β_4...	1068,6	1069,2	–	$1070,0_1$	$851,6_4$
M_{III} : β_3...	1030,1	1030,46	–	$1031,4_5$	$883,4_8$
N_{II} : γ_2...	869,5	872,4	–	$873,6_4$	$1043,0_7$
N_{III} : γ_3...	–	866,2	–	$867,3_6$	$1050,6_2$
O_{II} : γ'_4...	834,8	836,1	–	$838,4_0$	$1086,9_1$
O_{III} : γ_4...	834,8	876,1	–	$837,2_1$	$1088,4_6$
$L_{II}\,M_I$: η....	1161,9	1161,6	–	1161,6	784,5
N_I : γ_5...	914,4	922,9	–	$922,6_2$	$987,7_0$
M_{IV} : β_1...	1045,8	1045,49	1046,52	$1046,5_0$	$870,7_8$
N_{IV} : γ_1...	893,5	893,53	894,6	$894,6_1$	$1018,6_2$
O_{IV} : γ_6...	–	872,4 (γ_2)	–	$871,3_9$	$1045,7_6$
$L_{III}\,M_I$: l....	1418,3	1418,41	–	1418,7	642,3
N_I : β_6...	1077,4	1076,8	–	$1077,5_2$	$845,7_1$
M_{IV} : α_2...	1249,7	1249,51	–	$1250,0_5$	$728,9_7$
M_V : α_1...	1238,5	1238,48	1238,63	$1238,6_4$	$735,7_0$
N_V : β_2...	1037,5	1036,55	1037,70	$1037,5_6$	$878,2_8$
$O_{IV,V}$: β_5...	1007,8	1006,7	–	$1007,7_9$	$904,2_2$
Raies faibles dans le groupe $L\alpha$...				$\alpha''_1 = 1233,5_6$	$738,7_3$
				$\alpha'_1 = 1235,3_7$	$737,6_5$
				$\alpha_0 = 1261$	722

Tableau II.

Niveau.	ν/R.	Niveau.	ν/R.	Niveau.	ν/R.
M_I...	$261,9_8$ ($\eta - L_{II}$) $262,2_2$ ($l - L_{III}$)	N_I....	$58,7_4$ ($\gamma_5 - L_{II}$) $58,8_2$ ($\beta_6 - L_{III}$)	–	–
M_{II}...	$240,7_6$ ($\beta_4 - L_I$)	N_{II}...	$49,3_3$ ($\gamma_2 - L_I$)	O_{II}...	$5,4_9$ ($\gamma'_4 - L_I$)
M_{III}..	$208,9_2$ ($\beta_3 - L_I$)	N_{III}...	$41,7_8$ ($\gamma_3 - L_I$)	O_{III}...	$3,9_4$ ($\gamma_4 - L_I$)
M_{IV}...	$175,6_6$ ($\beta_1 - L_{II}$) $175,5_4$ ($\alpha_2 - L_{III}$)	N_{IV}...	$27,8_2$ ($\gamma_1 - L_{II}$)	O_{IV}...	$0,6_8$ ($\gamma_6 - L_{II}$)
M_V...	$168,8_3$ ($\alpha_1 - L_{III}$)	N_V...	$26,2_5$ ($\beta_2 - L_{III}$)	$O_{IV,V}$.	$0,3_1$ ($\beta_5 - L_{III}$)

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *La place des protons et des neutrons dans la systématique naturelle des éléments*. Note (1) de M. C. G. BEDREAG, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons donné un graphique (2) et un tableau représentant une systématique nouvelle des éléments à $N = 1 \rightarrow 92$ et de leurs 19 familles naturelles. La base de cette systématique est une représentation à deux dimensions de la suite discrète des nombres atomiques $N = 1 \rightarrow 92$ par rapport aux configurations électroniques respectives des atomes pris à l'état neutre, ou dans des états ionisés quelconques.

1. *Première extrapolation* $92 < N < 96$. — L'examen des configurations électroniques des éléments N = 86 — Em. → N = 92 — Ur, comparées aux configurations de leurs homologues respectifs des périodes qui les précèdent dans la systématique naturelle, nous a conduit (3) à envisager comme nécessaire l'existence d'éléments N = 93, 94, 95, 96 par lesquels la sixième couche électronique P sera saturée de ses 10 électrons *d*; de sorte que l'élément N = 96 ait la configuration saturée

$$2 + 2,6 + 2,6.10 + 2,6.10.14 + 2,6.10 + 2,6.10 = 96 \text{ électrons.}$$

Or, l'année dernière, E. Fermi (4) et ses collaborateurs à Rome sont arrivés à obtenir, par l'action d'un faisceau puissant de neutrons provenant d'une source (αEm-Be) et tombant sur une préparation d'Ur-N = 92 un produit radioactif nouveau, avec une durée de vie de 13 minutes et, auquel Fermi assigne les propriétés d'un élément nouveau à N = 93.

Tout récemment (5) cette expérience de Fermi fut répétée par Otto Hahn et Lise Meitner à Berlin-Dahlem, qui retrouvèrent dans le préparat de Fermi les quatre périodes de vie : 10 secondes, 40 secondes, 13 minutes et 90 minutes; ils assignèrent à trois de ces produits radioactifs nouveaux les propriétés des éléments N = 93, N = 94, N = 95.

Ce qui constitue une vérification de notre extrapolation.

---

(1) Séance du 25 février 1935.

(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 838.

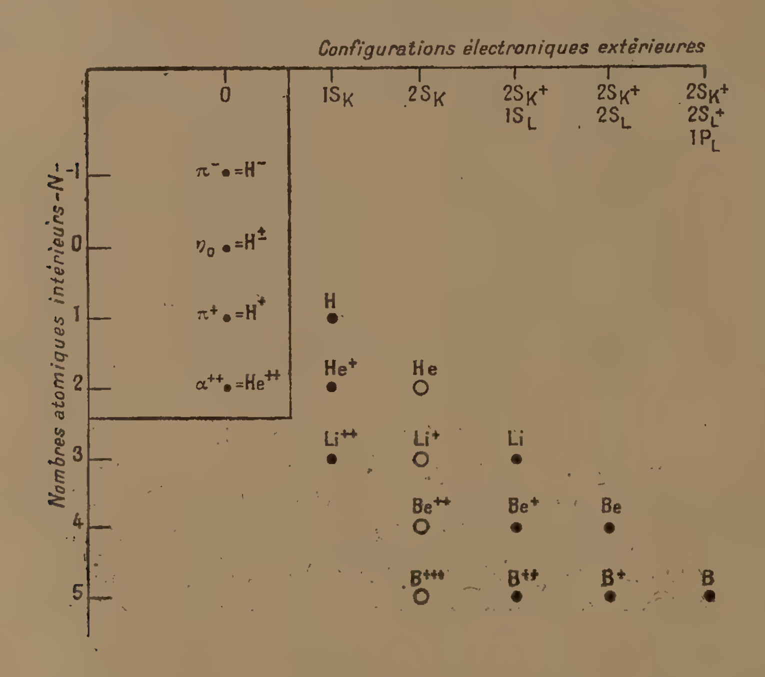
(3) *Buletin Fac. St. Cernautzi*, 2, 1928, p. 44; 6, 1932, p. 197. *Bull. Sc. Ac. Roum.*, 16, 1933, p. 27.

(4) FERMI, *Nature*, 133, 1934, p. 898.

(5) O. HAHN et E. MEITNER, *Naturwissenschaften*, 23, 1935, p. 37.

2. *Une seconde extrapolation*, du côté des $N < 1$ et des configurations électroniques O, nous conduit au tableau suivant, où nous constatons, dans la nouvelle colonne d'ordre électronique O, justement *les composants* ou *constituants massiques* des noyaux atomiques :

Pour $N = 2$, les particules $\alpha = He^{++}$; α_2^4;
Pour $N = 1$, les protons (+) $\pi^+ = H^+$; π_1^1;
Pour $N = 0$, les neutrons $\eta_0 = H^{\pm}$; η_0^1;
Pour $N = -1$, les protons (—) $\pi^- = H^-$; π_{-1}^1.



Mais si l'on peut obtenir l'extrapolation précédente $N > 92$ par tous les tableaux-systèmes des éléments :

Cette seconde extrapolation $1 \geq N \geq -1$ *n'est possible que dans notre représentation graphique, où l'on peut faire correspondre à un même nombre atomique plusieurs configurations électroniques, qui sont les divers états d'ionisation d'un même atome; et à une même configuration électronique l'on peut faire correspondre plusieurs nombres atomiques, donc des éléments ou constituants différents, pris à des degrés d'ionisation variables.*

3. *Constituants électroniques des noyaux atomiques.* — En regard des constituants massiques π^+, η_0, π^-, α, du tableau précédent, on peut tracer respectivement les *constituants électroniques* $+\varepsilon$, η, $-e$, aux masses $= 1/1800 \rightarrow 0$ et aux nombres atomiques $+1, 0, -1$:

Pour $N = +1$, électrons positifs $+\varepsilon_1^0$, correspondant aux protons (+) : π_1^1 ;
Pour $N = 0$, neutrines η_0^0, correspondant aux neutrons : n_0^1 ;
Pour $N = -1$, rad. β, électrons $-e_{-1}^0$, correspondant aux protons (−) : $\pi^-|_{-1}^1$.

4. *Physique moléculaire.* — Ces nouveaux *constituants*, *massiques* et *électroniques*, entrent dans les nouvelles réactions nucléaires, dont nous donnons ici quelques schémas généraux :

a. Les protons (+) : $N_n^m + \alpha_2^4 \rightleftharpoons N_{n+1}^{m+3} + \pi_1^1$;
b. Les neutrons : $N_n^m + \alpha_2^4 \rightleftharpoons N_{n+2}^{m+3} + n_0^1$;
c. Les électrons (+) : $\pi_1^1 = n_0^1 + \varepsilon_1^0)$;
d. Les électrons (−) : $n_0^1 = \pi_1^1 + (-e)_{-1}^0$;
e. Les protons (−) : $n_0^1 = \pi^-|_{-1}^1 + \varepsilon_1^0$.

Ces schémas généraux montrent clairement qu'on est en droit aujourd'hui de comprendre les nouveaux composants massiques π^+, n, π^-, α, *ainsi que les composants électroniques plus anciennement connus, les rad.* β, $(-e)$, $(+\varepsilon)$, *et les* (η_0^0) *dans une même systématique naturelle des éléments et de leurs composants physiques.*

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *La désintégration du bore par des neutrons lents.* Note de MM. **B. Kurtchatov**, **J. Kurtchatov** et **G. Latychev**, présentée par M. Paul Langevin.

Fermi, Pontecorvo et Rasetti ont découvert que les neutrons lents sont fortement absorbés dans le bore. Cette absorption n'entraîne pas la formation d'un noyau radioactif, comme dans le cas de l'argent, par exemple. Chadwick et Goldhaber [1] ont montré ensuite, au moyen du compteur de Wynn-Williams, qu'elle entraîne l'émission de particules qui portent une double charge élémentaire et dont la trajectoire dans l'air est inférieure à 5mm. Il ont admis que la désintégration avait lieu suivant l'équation

$$B_5^{10} + n_0^1 \rightarrow He_2^4 + He_2^4 + H_1^3. \qquad (1)$$

Nous rendons compte des résultats de nos essais, obtenus suivant la méthode de Wilson. Comme il semblait essentiel que les atomes de bore se trouvassent à l'état de vapeur dans la chambre de détente, nous avons utilisé le

[1] *Nature*, 135, 1935, p. 65.

borate de méthyle $(CH^3O)^3B$, dont la tension de vapeur, à la température de la chambre, était voisine de 50^{mm} de mercure. La chambre de détente employée dans ces expériences a été décrite dans un autre article. La source de neutrons était une ampoule, contenant du glucinium et de l'émanation de radium, dont l'activité était de l'ordre de 300 à 500 millicuries; elle était entourée de 10^{cm} de plomb, pour empêcher que le rayonnement γ pénétrât dans la chambre. En présence de la source de neutrons, on pouvait observer en moyenne une à dix trajectoires par détente, suivant les positions relatives de la source et de la chambre.

En remplaçant le borate de méthyle par l'alcool méthylique, on n'observait plus qu'une trajectoire en moyenne pour trente détentes; le phénomène est donc bien lié à la présence du bore. Nous avons photographié soixante cas de désintégration de l'atome de bore. On peut constater sur les clichés que cette désintégration s'accompagne de l'émission *de deux particules* lourdes, et *non trois* comme le pensaient Chadwick et Goldhaber. Dans plusieurs cas, on a observé la divergence nette des deux trajectoires, démontrant l'existence de désintégrations provoquées par des neutrons plus rapides, et on les a mesurées séparément. Les longueurs des trajectoires sont : $9^{mm},3$ et 3^{mm}.

Pour interpréter la formation de deux particules projetées dans des directions différentes on peut supposer les réactions suivantes :

(2) $$B_5^{10} + n_0^1 = Li_3^7 + He_2^4 + W_1,$$

(3) $$B_5^{10} + n_0^1 = Li_3^6 + He_2^5 + W_2,$$

(4) $$B_5^{11} + n_0^1 = Li_3^7 + He_2^5 + W_3.$$

La réaction primaire conduit à la libération de l'énergie

$$W_1 = 10,0135 + 1,008 - 7,0136 - 4,0022 = 0,057 \text{ u. de masse.}$$

Dans le cas d'une désintégration suivant ce schéma, on doit obtenir des particules α possédant une énergie de $3,3.10^6$ électrons-volts, c'est-à-dire une trajectoire de 2^{cm} environ [1]. Les trajectoires observées étaient plus courtes. Cela peut provenir d'inexactitudes dans la détermination des masses figurant dans l'équation de réaction. Mais il est également possible que la désintégration du bore se passe suivant les équations (3) et (4). C'est plutôt en étudiant les trajectoires des noyaux de recul que l'on peut espérer faire la discrimination entre les trois schémas de réaction proposés. Dans

(1) Voir Briggs, *Proc. of the Royal Soc. of London*, **114**, 1927, p. 347.

certains cas, on a observé que, dans le gaz, peuvent prendre naissance des trajectoires plus longues, jusqu'à 4^{cm}, peu nombreuses et d'origine inconnue.

La désintégration du bore est plus intense avec des neutrons lents qu'avec des neutrons rapides. Lorsque la source est entourée de 10^{cm} d'eau, le nombre des trajectoires est dix à douze fois plus grand qu'en l'absence de cette enveloppe.

D'après ces résultats, on peut évaluer la section effective correspondant à la désintégration du bore par les neutrons lents; elle est égale à $\sigma = 10^{-24}\,cm^2$, si l'on admet que la source émet 10^6 neutrons par seconde.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur un cas de radioactivité artificielle provoquée par un bombardement de neutrons, sans capture du neutron.* Note de MM. **B. Kourtchatow**, **I. Kourtchatow**, **L. Myssowsky**, **L. Roussinow**, présentée par M. P. Langevin.

En étudiant le rayonnement γ du brome, nous avons reconnu l'existence d'une troisième durée de vie, égale à 36 heures, en plus des périodes déjà connues, respectivement égales à 18 minutes et 4 heures 30 minutes.

Comme source nous avons employé une ampoule contenant du beryllium et de l'émanation de radium, dont l'intensité était 400 millicuries. Les atomes de brome se trouvaient sous la forme de brométhyle (400^{cm^3}). L'irradiation durait jusqu'à 60 heures, le liquide étant entouré d'eau. Nous avons isolé l'élément radioactif suivant la méthode de Sillard. L'émission de rayonnement γ était observée au moyen d'un tube-compteur de Geiger-Müller. Les rayons β étaient absorbés par 2^{mm} de plomb.

C'est ainsi que nous avons pu constater, après l'achèvement des deux désintégrations déjà connues, l'existence d'une période de désintégration plus longue, correspondant à une intensité moyenne de 500 décharges par minute. La fréquence du rayonnement γ, évaluée suivant la méthode d'affaiblissement à travers une certaine épaisseur de plomb, correspondait à un quantum de $6,5.10^5$ électron-volts. Ce résultat a été vérifié par la mesure de l'absorption dans le fer et par l'observation de la déviation des électrons de recul, dans une chambre de Wilson, au moyen d'un champ magnétique.

D'autres expériences ont montré que l'élément de longue période émet, outre le rayonnement γ, des particules légères qui, d'après l'étude de leur déviation magnétique, doivent être des particules β. Le nombre des décharges provoquées par les particules β, dans le tube-compteur, est seu-

lement 6 à 10 fois le nombre de celles provoquées par les rayons γ. Cela indique que les rayons β sont des électrons de vitesse relativement faible, fortement absorbés dans la paroi du tube, constituée par une feuille de cuivre de $1,10^{-3}$ cm. L'énergie maxima de ces électrons, d'après leur absorption dans l'aluminium et leur déviation dans le champ magnétique, était voisine de 6.10^5 électron-volts.

D'après la grandeur de la radioactivité du nouvel élément observé, et d'après la réaction chimique qui permet de l'isoler, il faut conclure que nous avons affaire à un isotope du brome. Pour établir définitivement sa nature, nous avons réalisé les réactions chimiques suivantes :

En agitant le brométhyle avec de l'eau, on fait passer la plus grande partie de la substance radioactive en solution aqueuse, où elle accompagne l'acide bromhydrique. A une portion de cette liqueur, on ajoute de l'anhydride arsénique, et à une autre portion de l'anhydride sélénieux, puis on précipite l'arsenic sous forme de sulfure, et le sélénium sous forme de sélénite de baryum.

Ces deux précipités ne sont pas radioactifs, cela montre que l'élément radioactif n'est pas un isotope de l'arsenic, ni du sélénium. Ensuite on a précipité le brome sous forme de bromure d'argent et, par une deuxième précipitation, on a montré que l'élément radioactif se trouvait entièrement dans le premier précipité. A titre de contrôle, le précipité radioactif de bromure d'argent a été, après la fin des deux premières désintégrations, traité par le mélange sulfochromique. Le brome se trouvait libéré, sa vapeur réabsorbée dans une solution ammoniacale, d'où on le séparait à nouveau sous forme d'un précipité de bromure d'argent, dans lequel on retrouvait toute la radioactivité du produit initial. L'élément radioactif est donc bien un nouvel isotope instable du brome.

La comparaison des résultats obtenus avec ceux de Fermi, qui a découvert deux isotopes instables du brome (Br^{80} et Br^{82}), montre que la production du troisième isotope instable ne peut pas avoir lieu avec capture du neutron, car le brome, élément impair, ne peut posséder que deux isotopes stables. Si l'on rejette des hypothèses spéciales comme l'émission simultanée de deux particules de signes opposés après le choc du neutron, ou comme l'existence de deux noyaux isomères, il ne reste qu'une possibilité : la transmutation sous l'action d'un neutron avec émission d'un second neutron, sans fixation du premier. Cette réaction ne peut donner qu'un isotope de masse atomique inférieure (Br^{79}). La désintégration du troisième

isotope peut être formulée ainsi :

(1) $$Br^{79}_{35} + n^1_0 \rightarrow Br^{78}_{35} + n^1_0 + n^1_0,$$

(2) $$Br^{78}_{35} \rightarrow Kr^{78}_{36} + \bar{e} + h\nu.$$

D'après la réaction (2), on peut calculer la masse atomique du nouvel isotope radioactif. En prenant égale à 77,926 la masse atomique du krypton, et pour l'énergie des rayons β et γ, $1,5.10^6$ électron-volts, nous obtenons la masse atomique de l'isotope du brome égale à 77,9215.

Cette valeur surpasse de 0,0065 la différence $Br^{79} - n^1_0$. Cela montre que la réaction (1) ne peut se produire qu'avec des neutrons rapides, d'énergie au moins égale à $6,5.10^6$ électron-volts. L'intensité des rayonnements du nouvel isotope permet de calculer la section effective de la réaction (1), en supposant égale à 10^6 par seconde le nombre des neutrons émis par la source. La section effective est égale à $2,4.10^{-25}$ cm².

L'étude du rendement de la réaction en fonction de l'énergie des neutrons utilisés, pourra fournir une vérification des hypothèses que nous avons faites sur le mécanisme de la réaction (1).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du système binaire nitrate de strontium-hydroxyde de strontium*. Note [1] de M. **Georges Wolf**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les nitrates basiques alcalino-terreux ont été étudiés par voie humide, principalement ceux de calcium qui ont un emploi comme engrais.

Aucune combinaison définie entre le nitrate et l'oxyde n'a été signalée en ce qui concerne le strontium.

Une étude méthodique par voie sèche du système

$$Sr(OH)^2 - (NO^3)^2Sr$$

a été rendue possible par le fait que les deux constituants atteignent la température de fusion sans subir de décomposition immédiate.

Le diagramme ci-après, résumant cette étude, a été obtenu par la méthode dite d'analyse thermique. Une centaine de courbes de refroidissement ont été enregistrées dans des conditions identiques à l'aide d'un couple chromel-alumel.

---

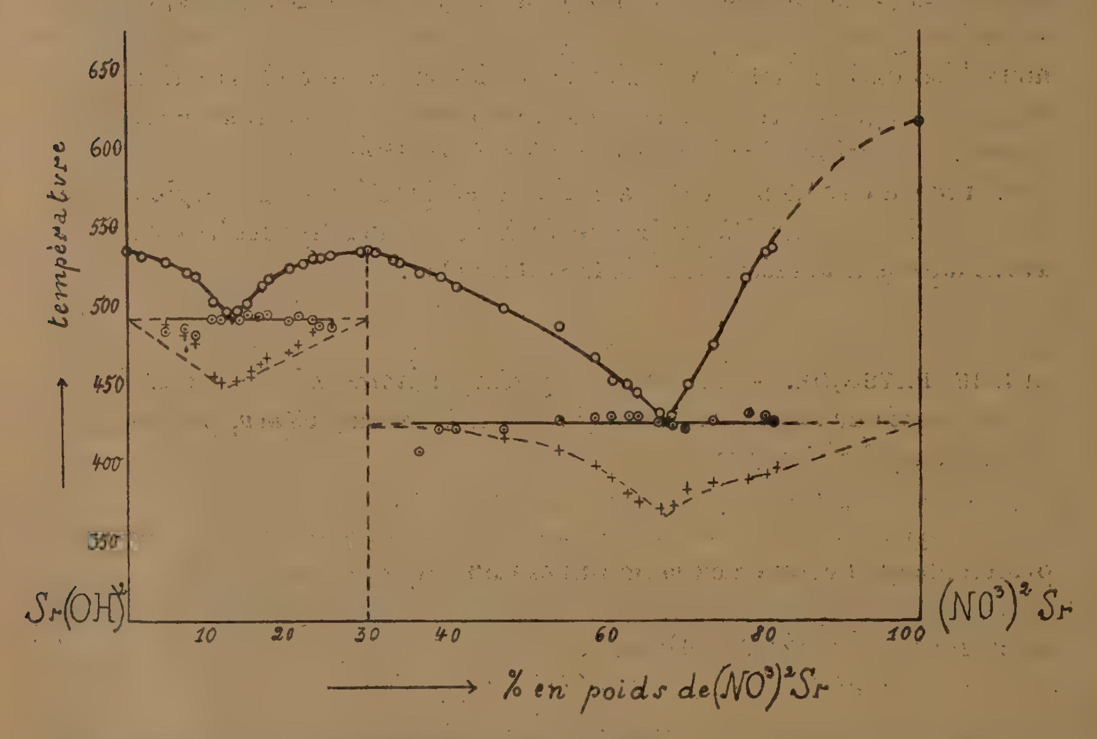
[1] Séance du 25 mars 1935.

Nous n'avons pas trouvé de creuset complètement inattaquable. La porcelaine résiste mal et introduit rapidement des impuretés. Les métaux sont tous attaqués, le platine moins que les autres, nous l'avons donc utilisé.

De minutieuses précautions sont nécessaires pour éviter toute carbonatation de la strontiane fondue.

L'air arrivant au contact du creuset doit être soigneusement débarrassé par la soude de l'acide carbonique qu'il renferme.

Enfin il convient d'opérer le plus rapidement possible et de ne pas élever



inutilement la température parce que l'hydrate de strontiane fondu possède une tension de dissociation appréciable ([1]), et que le nitrate commence à émettre des vapeurs nitreuses très peu au-dessus de sa température de fusion 615°. Ce point avait fait l'objet de plusieurs déterminations concordantes que nous avons pu confirmer. Il n'en est pas de même de la température de fusion du monohydrate de strontiane, pour lequel de Forcrand ([2])

([1]) JOHNSTON, *J. Am. Chem. Soc.*, 30, 1908, p. 1357.

([2]) *Comptes rendus*, 147, 1908, p. 165.

indique 375° et Balarew ([1]) 495°. Nos mesures faites sur un produit exempt de baryum et d'acide carbonique, ont donné 535° ± 2.

La courbe de fusion commençante du diagramme montre un maximum relatif à 530° pour un mélange renfermant 30,5 pour 100 de nitrate, ce qui correspond à la formule

$$(NO^3)^2Sr,\ 4Sr(OH)^2.$$

Les deux points d'eutexie situés de part et d'autre du maximum sont respectivement à 492 et 422° pour des teneurs en nitrate de 13 et 67,5 pour 100.

Le composé défini ne doit pas être très stable, à en juger par la forme de la courbe. L'eau le dissout en le décomposant; la solution évaporée lentement abandonne d'abord des cristaux de $Sr(OH)^2$, $8H^2O$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diagrammes de solidification des alliages formés par deux métaux alcalins : alliages potassium-rubidium.* Note ([2]) de M. **E. Rinck**, présentée par M. Georges Urbain.

Ayant examiné successivement les alliages du sodium avec le potassium, le rubidium et le cæsium ([3]), nous avons abordé l'étude des alliages potassium-rubidium.

Le diagramme de solidification ci-après met en évidence que le potassium et le rubidium sont complètement miscibles à l'état solide. Ce fait n'était pas inattendu, les dimensions des rayons atomiques de ces métaux étant très voisines (K : $2,23.10^{-8}$ cm; Rb : $2,36.10^{-8}$ cm). Le liquidus et le solidus, très rapprochés, présentent un minimum aplati à 32°,8 C, correspondant exactement à la composition K + 2Rb.

Ne pouvant discerner, par l'analyse thermique, si ce minimum correspond à un eutectique ou à la combinaison définie KRb^2, nous avons fait l'étude microscopique de ces alliages.

A cet effet nous avons adapté sur l'appareil antérieurement décrit ([4]) un tube latéral large dans lequel on coule le métal qui vient d'être soumis à l'analyse thermique. Le tube étant séparé du reste de l'appareil, on

---

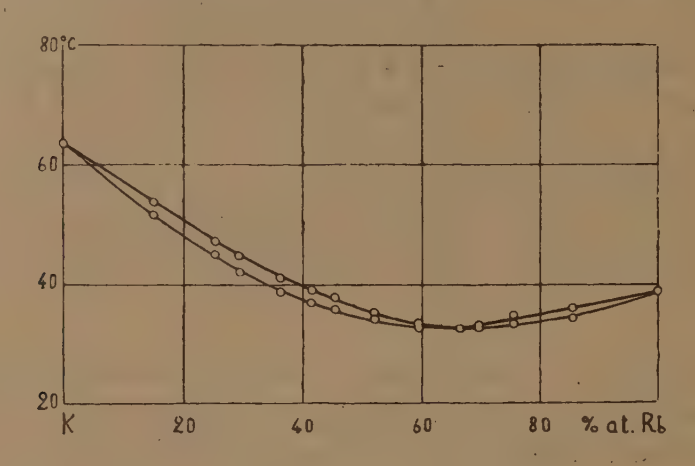
([1]) *Z. anorg. Chem.*, **134**, 1924, p. 117.

([2]) Séance du 25 mars 1935.

([3]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 49 et 1404; **199**, 1934, p. 1217.

([4]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 49.

procède tout d'abord à une recristallisation très lente de l'alliage, puis on ouvre le tube à température ordinaire sous l'huile de paraffine soigneusement dépourvue d'air. Dans ces conditions les alliages se conservent pendant un temps suffisamment long pour permettre leur examen au microscope, dont lobjectif est immergé dans l'huile.



Cet examen a montré la parfaite identité des cristaux de compositions les plus variées. On peut en conclure que le potassium et le rubidium forment une seule série de cristaux mixtes. Ce résultat sera d'ailleurs contrôlé par une méthode électrique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la décomposition thermique du chlorure et des chlorosels du palladium.* Note de M. **François Puche**, présentée par M. Marcel Delépine.

Joannis (1) a donné $40^{\text{Cal}},48$ comme chaleur moléculaire de formation à température ordinaire du chlorure palladeux; de cette valeur on conclut que le chlorure palladeux doit se dissocier en palladium et chlore à une température assez élevée : c'est ce que nous avons pu vérifier.

Le chlorure palladeux était préparé par action d'un courant de chlore sur de la mousse de palladium vers 350°; pour séparer des produits non attaqués, on dissolvait dans l'acide chlorhydrique étendu et après filtration la solution était évaporée au bain de sable; le résidu était alors légèrement calciné.

---

(1) *Comptes rendus*, **95**, 1882, p. 295.

La dissociation du chlorure commence vers 600°; elle atteint la tension normale vers 920°. Nous avons étudié l'équilibre jusqu'à 995°. Le produit retiré alors du four à dissociation a l'aspect d'un corps fondu et solidifié et, à côté du chlorure non décomposé, on n'y trouve que du palladium métallique. Les tensions obtenues sont rassemblées dans le tableau suivant : elles nous ont permis de fixer la température et la chaleur moléculaire de fusion du chlorure palladeux.

Températures	en degrés C...	605	633	652	665	678	694	712
	absolues......	878	906	925	938	951	967	985
Tensions (en mm de Hg).......		8,9	17,8	26,6	35,1	46,8	58,1	77,8
Températures	en degrés C...	739	756	762	774	799	811	825
	absolues......	1012	1029	1035	1047	1072	1084	1098
Tensions (en mm de Hg).......		103	130	145	173	230	269	300
Températures	en degrés C...	831	848	855	870	877	889	910
	absolues......	1104	1121	1128	1143	1150	1162	1183
Tensions (en mm de Hg).......		324	382	441	483	510	591	642
Températures	en degrés C...	916	919	948	955	982	995	–
	absolues......	1189	1192	1221	1228	1255	1268	–
Tensions (en mm de Hg).......		710	747	938	987	1152	1237	–

En effet, la courbe logarithmique de cette dissociation, établie comme celle du chlorhodate de baryum [1], se compose de deux fragments de droite se coupant au point $T = 936° + 273°$, $P = 862^{mm}$ qui fixe la température de fusion du chlorure, le second fragment de droite étant moins relevé sur l'axe des abscisses que le premier. D'autre part, les coefficients angulaires de ces droites mesurent les effets thermiques Q et Q' des deux équilibres :

$$Cl^2Pd_{sol.} \rightleftharpoons Pd_{sol.} + Cl^2_{gaz} - Q,$$
$$Cl^2Pd_{liq.} \rightleftharpoons Pd_{sol.} + Cl^2_{gaz} - Q'.$$

On trouve ainsi

$$Q = 26^{Cal},3, \qquad Q' = 17^{Cal},3.$$

Ce qui donne pour la chaleur moléculaire de fusion du chlorure palladeux

$$Q - Q' = 9^{Cal} \text{ (chaleur négative).}$$

Les chlorosels dérivés des chlorures de palladium, s'ils se décomposent en donnant le palladium métallique, auront pour une même température des tensions de chlore inférieures à celle du chlorure palladeux. C'est ce

(1) G. Gire et F. Puche, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 630.

que laisse prévoir la chaleur de formation du chloropalladite de potassium qui est de $52^{Cal},67$ (1) pour

$$Pd + 2KCl + Cl^2 \rightarrow PdCl^4K^2.$$

Par contre la chaleur de formation du choropalladate rapportée à 1^{mol} de chlore ($79,06/2 = 39^{Cal},53$) (1), si elle est à peu peu près égale à celle du chlorure palladeux, est sensiblement inférieure à celle du chloropalladite. L'ordre de ces chaleurs de réaction doit rester le même aux températures de dissociation : on sait en effet que le chloropalladate ne se décompose pas en donnant d'abord le palladium métallique mais en donnant le choropalladite selon

$$PdCl^6K^2 \rightarrow PdCl^4K^2 + Cl^2 - 26^{Cal},39.$$

Nous avons vérifié la réversibilité de cette réaction; dès 175° le chloropalladate se transforme en chloropalladite et l'équilibre atteint la tension normale aux environs de 280°.

Les chlorosels du palladium se conduisent donc à l'inverse de ceux du platine. M. G. Gire (2), qui a étudié la décomposition thermique du chloroplatinate de potassium en platine, chlore et chlorure du potassium, a montré que si l'on chauffe aux mêmes températures du chloroplatinite, celui-ci se décompose mais le chlore libéré reforme avec les éléments de décomposition le chloroplatinate qui est plus stable.

Nous nous proposons d'étudier d'une façon plus précise la stabilité relative de ces chlorosels du palladium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption ultraviolet de dérivées du sulfure de diphénylène et de la diphénylènesulfone.* Note de M. **Maurice Chaix**, présentée par M. Marcel Delépine.

Complétant notre étude des dérivés contenant deux noyaux benzéniques (3), nous avons déterminé les spectres d'absorption de quelques dérivés mono et bisubstitués du sulfure de diphénylène et de la diphénylènesulfone : dérivés halogéné et nitré en 3 ou 3.6 (4) du sulfure de diphé-

(1) Thomsen, *J. Prakt. Chem.*, 2e série, 15, 1877, p. 435-454.

(2) *Ann. de Chimie*, 4, 1925, p. 203.

(3) Chaix, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 697.

(4) Courtot, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2262; Chaix et de Rochebouet, *Bull. Soc. chim.*, 5e série, 1935, 2, p. 273.

nylène, dérivés halogénés en 2 ou 2.7 ([1]), 3 ou 3.6 de la diphénylènesulfone. Du simple examen visuel de la diamino-2.7-diphénylènesulfone, corps fortement coloré en jaune et de la diamino-3.6-diphénylènesulfone, corps parfaitement blanc lorsqu'il vient d'être préparé, nous devons en déduire une influence très marquée de la position des subtituants et nous avons étudié les spectres d'absorption ultraviolet des dichloro et dibromo-2.7, des dichloro et dibromo-3.6-diphénylènesulfone, des chloro-2 et chloro-3 diphénylènesulfone. Les positions 2 et 3, 2.7 et 3.6 sont à notre connaissance les seules positions de substitution connues actuellement dans la diphénylènesulfone à laquelle nous attribuons la structure et le numérotage suivant

5 6 7 8 SO^2 1 2 3

Les spectres ont été déterminés dans l'alcool éthylique pour des solutions M/2000, sauf pour les dérivés 3.6 de la diphénylènesulfone, corps trop peu solubles (3.6-dichloro, solution M/5000; 3.6-dibromo, solution M/8000).

La présence d'un atome de Cl ou de Br en 3, dans la molécule de sulfure de diphénylène, n'apporte pas de grosses modifications dans la région 3300-2700 Å; d'ailleurs les courbes d'absorption des chloro-3 et bromo-3 sont peu différentes. Deux atomes de Cl ou de Br en 3 et 6 font glisser la courbe d'absorption du sulfure de diphénylène d'environ 100 Å vers les grandes longueurs d'onde. Quant au sulfure de nitro-3-diphénylène, nous devons signaler un puissant effet bathochrome qui modifie profondément l'absorption ultraviolette et nous n'observons plus les bandes du sulfure de diphénylène.

Comparons les dérivés de la diphénylènesulfone. Lorsqu'on substitue un atome de Cl ou de Br en 3, les bandes d'absorption qui se trouvent nettement marquées dans la diphénylène sulfone à 3250, 2900, 2820 Å, deviennent moins nettes. Cette remarque doit s'appliquer également aux dérivés dihalogénés en 3.6. Par contre, la bande de 2430 de la diphénylène-

([1]) COURTOT et CHANG CHAO LIN, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 49, 1934, p. 1047; COURTOT et EVAIN, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 49, 1931, p. 1557.

sulfone se retrouve toujours très intense, mais à 2480 Å pour le chloro-3, à 2520 pour le bromo-3, à 2500 pour le dichloro-3.6 et à 2550 pour le dibromo-3.6.

Au contraire, les courbes d'absorption des chloro-2, dichloro-2.7 et dibromo-2.7 ont la même allure que celle de la diphénylènesulfone, les bandes d'absorption sont nettes mais décalées ver le rouge d'environ 50 à 100 Å et les valeurs correspondantes du coefficient d'extinction moléculaire Σ sont augmentées. Comme nous le faisaient prévoir les colorations des diamino-2.7 et 3.6-diphénylènesulfone, les dérivés 2.7 sont plus *colorés* que les dérivés 3.6. Pour préciser, donnons quelques valeurs du logarithme de Σ :

λ	3320.	3160.	3000.	2720.
Diphénylènesulfone	2,7	3,2	3,0	3,7
Dibromo-2.7-diphénylènesulfone	3,6	3,5	4,6	4,0
Dibromo-3.6-diphénylènesulfone	–	3,0	3,5	3,5

Dans chaque série, le Br se montre plus bathochrome que le Cl.

Cette influence très marquée de la position des substituants justifie l'emploi des spectres d'absorption pour la vérification de l'identité des halogénodiphénylènesulfones obtenues par les deux voies suivantes :

1° cyclisation du bromo-5 ou du chloro-5-diphénylènesulfochlorure-2;

2° oxydation des halogénodiphénylènesulfures.

L'identité de ces produits a permis de fixer les positions de substitutions dans les dérivés mono et bisubstitués du sulfure de diphénylène.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction des arséniates alcalino-terreux par le charbon. Arséniates tristrontique et tricalcique.* Note de M. **Henri Guérin**, transmise par M. Georges Urbain.

Nous avons étendu aux orthoarséniates de strontium et de calcium les recherches précédemment effectuées sur la réduction de l'arséniate tribarytique par le charbon [1], en utilisant le même mode opératoire, c'est-à-dire en chauffant dans le vide et pendant des temps variables, à des températures comprises entre 500° et 1200°, des mélanges d'arséniates et

[1] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 129.

de charbon de sucre renfermant pour 1 partie de charbon 5,5 parties d'arséniate tristrontique ou 4 parties d'arséniate tricalcique.

Les résultats obtenus sont donnés ci-après :

Température.	Durée de la chauffe.	*Répartition centésimale de l'arsenic après expérience :* Arsenic sous forme de		
		As^2O^5.	As^2O^3.	As sublimé.
		Strontium.		
750°	8 heures	94,10	6,80	–
»	16 »	93,25	7,15	–
800	8 »	3,10	85,67	11,17
»	14 »	–	79,00	20,51
850	6 »	–	17,25	81,50
»	14 »	–	0,94	98,20
1200	10 minutes	–	–	99,52
		Calcium.		
750	8 heures	91,25	5,70	3,90
»	16 »	89,40	6,20	4,30
800	8 »	68,00	24,20	10,70
»	16 »	7,50	77	14,60
850	8 »	–	74,20	24,95
1200	10 minutes	–	–	99,30

La réduction des arséniates tristrontique et tricalcique ne se manifeste donc vraiment qu'à partir de 800°. Elle donne d'abord des arsénites qui fournissent ultérieurement de l'arsenic métalloïdique et de la strontiane ou de la chaux. A 800°, cette seconde réaction ne s'effectue que très lentement, mais, dès 850°, elle conduit rapidement à la transformation complète des arséniates en oxydes.

Jusqu'à 1200°, nous avons constaté un processus réactionnel analogue, et l'absence d'arséniure parmi les produits de la réduction.

Étant donné que P. Lebeau [1] a obtenu les arséniures de strontium et de calcium par réduction au four à arc des arséniates par le charbon, nous avons poursuivi l'étude de cette réduction à des températures plus élevées, afin de fixer les températures à partir desquelles elle ne se réalise plus selon le mécanisme indiqué, mais conduit à des arséniures.

Nous avons utilisé le four à induction Ribaud, qui nous a permis de

(1) *Comptes rendus*, **128** et **129**, 1899, p. 95 et 47.

parvenir sous la pression atmosphérique aux températures voulues en un temps suffisamment court pour que les arséniates, ou les arsénites qui en résultent, ne soient pas encore complètement décomposés lorsque ces températures sont atteintes.

Le mélange arséniate-charbon aggloméré en cylindres aplatis d'une vingtaine de grammes est introduit dans un creuset de graphite fermé par un couvercle et placé lui-même au centre du four. La température est donnée à chaque instant par un pyromètre optique de Ribaud.

Le tableau ci-après comprend les résultats de ces essais.

Température.	Aspect du produit.	Composition C.	OSr.	As^2Sr^3.	C^2Sr.
	Strontium.				
1400°	fritté gris noir	13,10	87,70	–	–
1450	»	11,52	89,10	–	–
1500	»	14,50	84,10	2,20	–
1550	fondu noir à cassures brun rouge	7,20	54,35	13,80	26,20
	Calcium.	C.	OCa.	As^2Ca^3.	C^2Ca
1500°	fritté noir	20,38	78,98	–	–
1550	»	18,50	83,01	–	–
1600	»	17,80	72,02	10,08	–
1700	»	14,80	75,20	10,50	–
1800	fondu noir à cassures brun rouge	6,10	39,20	12,30	41,60

Cette série d'expériences, dans lesquelles les températures envisagées ne sont jamais atteintes instantanément, mais seulement en 15 minutes au minimum dans les cas les plus favorables, ont permis de reconnaître que la formation des arséniures de strontium et de calcium s'effectue respectivement à partir de 1500 et de 1600°, c'est-à-dire à des températures inférieures à celles où le carbone réagit sur les oxydes pour donner des carbures.

Les phénomènes observés pour la réduction de l'arséniate de baryum se reproduisent donc pour les arséniates de strontium et de calcium, mais à des températures beaucoup plus élevées.

La préparation des arséniures ne peut donc être réalisée que par un procédé permettant d'atteindre très rapidement la température de formation de ces composés, afin de réduire au minimum l'élimination de l'arsenic qui peut devenir totale lorsque le mélange d'arséniate et de charbon est chauffé lentement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Formation de sulfate basique et précipitation de nickel en solution par le magnésium.* Note de M. **Guy Gire**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons montré ([1]) qu'à la température ordinaire le magnésium se dissout dans les solutions de sulfate de nickel en donnant de l'hydrogène et un sulfate basique insoluble de formule $SO^4Ni, 4NiO, nH^2O$. La formation de ce sel est très lente à froid, mais, si le magnésium étant dissous, on porte la solution à l'ébullition il se dépose alors rapidement et totalement.

Nous nous sommes demandé si, de même que pour les solutions de chlorure de nickel ([2]), il ne s'établissait pas un équilibre entre les ions OH provenant de la décomposition de l'eau par le magnésium et les ions sulfuriques et nickel en solution :

$$Mg + 2H^2O \rightarrow Mg^{++} + 2OH^- + H^2 \nearrow,$$
$$SO^{4--} + 5Ni^{++} + 8OH^- \rightleftharpoons SO^4Ni, 4Ni(OH)^2.$$

Le sulfate basique, bien que très peu soluble dans l'eau, l'est suffisamment pour justifier cette hypothèse que nous avons pu vérifier.

Le tableau suivant donne, pour des concentrations en sulfate de nickel, M/2 et M/4, la quantité de nickel déposé sous forme de sulfate basique pour des temps croissants. Dans tous les cas la quantité de magnésium dissous était de 1 Mg pour 6 Ni en solution.

On voit nettement que la proportion de nickel déposé sous forme de sulfate basique tend vers une limite qui croît avec la dilution de la solution de sulfate et avec la température. Cette limite est atteinte d'autant plus vite que la température est plus élevée.

	Ni déposé sous forme de sulfate basique en pour 100 du Ni correspondant à Mg dissous.		
	Solution M/2.	Solution M/4.	
Temps en jours.	25°.	25°.	53°.
1	26,9	29,0	–
5	-	52,0	84,2
10	30,7	63,8	–
17	34,1	63,9	–
37	43,7	64,6	–

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1646.

([2]) G. Gire et A. Motais de Narbonne, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2250.

Dans cette réaction se forme-t-il temporairement des molécules d'hydrate de nickel? Si par dissolution de magnésie dans le sulfate de nickel on précipite bien le sulfate basique SO^4Ni, $4NiO$, nH^2O (¹), par contre l'hydrate de nickel $Ni(OH)^2$ ne se dissout pas dans les solutions de sulfate.

Nous avons pendant plusieurs jours tenu en suspension un excès d'hydrate de nickel, fraîchement préparé et exempt d'alcali, dans des solutions diversement concentrées de sulfate de nickel (M/2 à M/8), sans voir varier la concentration du nickel dans ces solutions ni pouvoir déceler dans la partie solide de traces de sel basique.

Une étude plus précise de la cinétique de cette réaction secondaire pourra nous éclairer sur les étapes de la formation du sel basique.

A partir de 50°, la dissolution du magnésium est accompagnée d'un dégagement d'hydrogène nettement inférieur à celui exigé par le magnésium dissous, et le dépôt formé est noirâtre. Nous avons pensé que ce déficit d'hydrogène devait correspondre, comme dans le cas du sulfate de cobalt (¹), à la précipitation directe de nickel à l'état métallique. Si l'on sépare par décantation la partie la plus lourde du dépôt obtenu on constate qu'elle est en effet constituée par du nickel pur.

Comme, dans chaque cas, le sulfate basique formé est toujours SO^4Ni, $4NiO$, nH^2O nous avons pu, en dosant à la fois le nickel total et l'anhydride sulfurique du mélange déposé, en déduire par différence le nickel déplacé à l'état métallique. Ce déplacement direct du nickel est immédiat et, pour obtenir la totalité du métal ainsi déposé, il suffit d'analyser le dépôt formé quand tout le magnésium est dissous. Ce premier dépôt enlevé, la solution continue alors à déposer le sulfate basique.

Le tableau ci-dessous donne la proportion de nickel déposé à l'état libre pour des solutions de sulfates de concentration M/2, M/4 et M/8 et à des températures croissantes. (Le rapport entre le magnésium dissous et la quantité de nickel en solution était toujours de 1 Mg pour 6 Ni).

	Ni déposé à l'état libre pour 100 du nickel correspondant au Mg dissous.		
Température.	Sol. M/2.	Sol. M/4.	Sol. M/8.
37°	1,0	—	—
53	3,8	12,7	10,0
70	11,1	15,9	16,8
100	49,2	—	60,3

(¹) G. Gire, *Bull. Soc. chim.*, 1, 1934, p. 1241 et 1245.

Malgré l'imprécision des analyses (résultats par différence) on voit que dès la température ordinaire, pour certaines concentrations, il doit y avoir une très petite quantité de nickel précipité à l'état métallique. L'action du magnésium sur une solution de sulfate de nickel est donc double : 1° décomposition de l'eau avec formation secondaire lente et équilibrée de sulfate basique; 2° déplacement direct du nickel sous forme métallique. Cette dernière action très faible avant 30° devient de plus en plus grande avec la température; elle s'accroît également du fait de la dilution.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La réaction du chlorure de thionyle sur l'acide phénylglycolique*. Note de MM. **Pierre Carré** et **David Libermann**, transmise par M. Georges Urbain.

H. Meyer (1), en traitant l'acide phénylglycolique par un excès de chlorure de thionyle, à l'ébullition, a obtenu de l'aldéhyde benzoïque. Il admet qu'il se forme d'abord le chlorosulfite du chlorure d'acide phénylglycolique, lequel se décomposerait ensuite selon la réaction

$$C^6H^5-CH(OSOCl)-COCl = C^6H^5-CHO + SOCl^2 + CO.$$

Mc Kenzie et Barrow (2), en chauffant l'acide phénylglycolique avec le chlorure de thionyle jusqu'à cessation de dégagement gazeux, ont obtenu, après avoir repris par l'eau les produits de la réaction, environ trois quarts de chlorure de benzylidène et un quart d'acide phénylchloracétique. Ils admettent également la formation préalable du chlorosulfite du chlorure d'acide phénylglycolique, lequel se décomposerait ensuite selon les deux réactions suivantes :

$$C^6H^5-CH(OSOCl)-COCl = C^6H^5-CHCl-COCl + SO^2,$$
$$C^6H^5-CH(OSOCl)-COCl = C^6H^5-CHCl^2 + SO^2 + CO.$$

Ces interprétations sont très peu vraisemblables. En effet, nous avons montré (3) que la réaction du chlorure de thionyle sur les phénylcarbinols donne lieu de préférence à une réaction de chloruration directe (remplacement de OH par Cl). De plus, la décomposition du chlorosulfite devrait

(1) *Monatshefte für Chemie*, **22**, 1902, p. 415.

(2) *J. Chem. Soc.*, **99**, 1911, p. 1910.

(3) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 274; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **53**, 1933, 1058.

donner uniquement du chlorure de l'acide phénylchloracétique, puisque celui-ci est stable et distille sans décomposition à 124-126° sous 45mm.

Nous avons essayé d'expliquer ces contradictions et nous sommes arrivés aux conclusions suivantes :

L'acide phénylchloracétique trouvé par Mc Kenzie et Barrow est un des produits normaux de la réaction du chlorure de thionyle sur l'acide phénylglycolique; il se forme par chloruration directe du groupement alcool, de manière analogue à celle observée par nous (*loc. cit.*) dans le cas de l'alcool benzylique et d'autres alcoylphénylcarbinols.

Quant à la formation de l'aldéhyde benzoïque et du chlorure de benzylidène elle doit être ainsi expliquée.

Une partie de l'acide phénylglycolique réagit avec le chlorure de thionyle pour former un anhydrosulfite

$$\begin{array}{l} C^6H^5 - \underset{|}{C}H \text{———} \underset{|}{C}O, \\ \quad\quad\quad\; O - SO - O \end{array}$$

analogue à celui obtenu par Blaise et Montagne (1) dans le cas de la réaction du chlorure de thionyle sur l'acide lactique. Cet anhydrosulfite se décompose, vers 29°-30°, avec formation d'aldéhyde benzoïque, suivant :

$$\begin{array}{l} C^6H^5 - \underset{|}{C}H \text{———} \underset{|}{C}O \\ \quad\quad\quad\; O - SO - O \end{array} = C^6H^5CHO + SO^2 + CO.$$

L'aldéhyde benzoïque se transformant ensuite facilement en chlorure de benzylidène par l'action du chlorure de thionyle, ainsi qu'il a été montré par Lott et Michaelis (2).

La présence de l'anhydrosulfite dans le produit de la réaction est démontrée par les faits suivants :

On laisse en contact, pendant 48 heures à la température ordinaire, 1mol d'acide phénylglycolique avec 1mol,2 de chlorure de thionyle, dissous dans 10 fois le poids d'éther anhydre; la réaction terminée, on chasse l'éther, puis l'excès de chlorure de thionyle dans le vide, à la température ordinaire. On obtient ainsi une substance huileuse qui, traitée par l'alcool absolu, dégage du gaz sulfureux et fournit du phénylglycolate d'éthyle, lequel a été caractérisé par sa phényluréthane fusible à 240°; une telle réaction ne peut se produire qu'aux dépens de l'anhydrosulfite. La température de décomposition de cet anhydrosulfite, déterminée d'une manière analogue à celle

---

(1) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1553.

(2) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 27, 1894, p. 2540.

indiquée par l'un de nous (¹) pour la détermination des températures de décomposition des chlorosulfites a été trouvée de 29 à 30°. Après décomposition de l'anhydrosulfite on peut retirer du mélange une quantité notable d'aldéhyde benzoïque, tandis que si l'on a effectué la réaction du chlorure de thionyle sur l'acide phénylglycolique dans les conditions indiquées par MM. Kenzie et Barrow, on ne trouve plus sensiblement d'aldéhyde benzoïque, mais du chlorure de benzylidène. La proportion d'anhydrosulfite dans le mélange ci-dessus, déterminée par le dosage du sulfite formé dans l'hydrolyse alcaline, est d'environ 1/3.

Meyer (²) ayant aussi fait réagir le chlorure de thionyle sur l'acide diphénylglycolique $(C^6H^5)^2C(OH){-}CO^2H$, a constaté la production de benzophénone, qu'il explique par la formation intermédiaire du chlorosulfite du chlorure d'acide diphénylglycolique $(C^6H^5)^2C(OSOCl){-}COCl$. Cette interprétation est également tout à fait invraisemblable, car en aucun cas les chlorosulfites d'alcool tertiaire n'ont pu être obtenus par l'action directe du chlorure de thionyle sur un alcool tertiaire. La benzophénone prend très probablement naissance par un mécanisme analogue à celui indiqué ci-dessus pour l'aldéhyde benzoïque.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation hydrobenzoïnique du phényléthénylglycol; formation d'aldéhyde α-phénylcrotonique.* Note de MM. **M. Tiffeneau** et **P. Weill**, présentée par M. Auguste Béhal.

On sait que la déshydratation des α-glycols peut s'effectuer dans des sens différents, non seulement suivant la structure de ces glycols et la nature de leurs radicaux substituants, mais aussi suivant les conditions opératoires et le réactif employé.

Cette déshydratation, qui comporte parfois l'élimination des deux hydroxyles avec formation de carbures diéthyléniques, s'effectue le plus souvent aux dépens d'un seul hydroxyle, tantôt avec formation d'époxydes ou même d'alcools éthyléniques, tantôt, ce qui est le cas le plus fréquent, avec formation d'aldéhydes ou de cétones appartenant souvent à un type transposé; dans tous les cas, deux problèmes importants se posent, à savoir, d'une part, quel est celui des deux hydroxyles qui s'élimine et quelle est la cause de cette élimination privilégiée; d'autre part, quel est l'hydrogène qui s'unit à cet hydroxyle pour former de l'eau, et pourquoi cet hydrogène plutôt que les divers autres placés au voisinage de l'hydroxyle éliminé.

(¹) P. Carré, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1835.
(²) *Monatshefte für Chemie*, 22, 1901, p. 777.

Le cas de la désydratation de l'hydrobenzoïne est à cet égard l'un des plus simples, car les deux hydroxyles sont identiques et l'hydrogène qui s'élimine avec un OH pour former de l'eau provient de l'autre hydroxyle

$$C^6H^5-CH|OH|-CHO|H|-C^6H^5 \rightarrow (C^6H^5)^2CH-CHO.$$

Si l'on a affaire à un α-glycol bisecondaire arylé et alcoylé c'est encore l'hydroxyle voisin de l'aryle qui s'élimine, mais l'hydrogène éliminé simultanément est l'hydrogène non hydroxylique appartenant à la fonction alcool voisine (déshydratation vinylique)

$$C^6H^5-CH|OH|-C|H|OH-CH^3 \rightarrow C^6H^5-CH^2-CO-CH^3.$$

La nature des radicaux substituants joue un rôle capital dans le processus de ces déshydratations et la seule présence d'un radical aliphatique [1] suffit pour orienter la déshydratation exclusivement vers le type vinylique.

Nous avons entrepris l'étude de la déshydratation du phényléthénylglycol et constaté que celle-ci a lieu exclusivement suivant le type hydrobenzoïnique, mais avec obtention d'aldéhyde α-phénylcrotonique résultant vraisemblablement d'une isomérisation secondaire de l'aldéhyde α-phénylisocrotonique intermédiairement formé (isomérisation allylique $\rightarrow$ propénylique)

$$C^6H^5-CH|OH|CHO|H|-CH=CH^2 \quad (a) \rightarrow CH^2=CH-CH(C^6H^5)CHO$$

Aldéhyde α-phényl-isocrotonique.

$$C^6H^5-CHO|H|-CH|OH|-CH=CH^2 \quad (b)$$

$$\rightarrow CH^3-CH=C(C^6H^5)CHO$$

Aldéhyde α-phénylcrotonique.

Cette transposition hydrobenzoïnique du phényléthénylglycol peut s'effectuer suivant les deux mécanismes *a* et *b* ci-dessus comportant l'un (*a*) l'élimination de l'OH de gauche et la migration du radical éthényle [2], l'autre (*b*) élimination de l'OH de droite et la migration du phényle. Dans le premier cas la capacité affinitaire du phényle l'emporterait sur celle de l'éthényle alors que ce serait l'inverse dans le second cas; de plus, dans ce dernier cas, la présence de l'éthényle aurait la même influence qu'un phényle, à savoir qu'elle rendrait l'hydrogène hydroxylique du CHOH

---

(1) Dans le cas de quelques hydrobenzoïnes $C^6H^5-CHOH-CHOH-Ar$ dans lesquelles Ar est un anisyle ou un pipéronyle, la déshydratation hydrobenzoïnique reste la règle, mais il y a accessoirement désydratation vinylique. (TIFFENEAU et OREKHOFF, *Bull. Soc. chim.*, 37, 1925, p. 1410; TIFFENEAU et JEANNE LÉVY, *id.*, 49, 1931, p. 1738).

(2) Il n'est pas possible dans ce cas de préjuger si l'isomérisation allylique propénylique se produit au cours de la migration de l'éthényle ou immédiatement après.

voisin plus labile que l'hydrogène non hydroxylique. Il n'est nullement impossible que les deux mécanismes puissent se produire simultanément dans le cas où les capacités affinitaires de deux radicaux seraient voisines. Les recherches en cours nous renseigneront sur ce point; l'étude de la déshydratation acide du divinylglycol que nous avons entreprise nous montrera si le radical éthényle est susceptible, au même titre que le phényle, comme lui attracteur d'électrons, de provoquer la déshydratation suivant le type hydrobenzoïnique (1).

Phényléthénylglycol. — Ce glycol a été préparé par condensation d'acroléine et de benzaldéhyde par le couple zinc-cuivre en milieu hydroalcoolique. Ce glycol (Éb. 164° sous 15^{mm}) est accompagné en proportions variables, suivant les opérations, de divinylglycol et d'hydrobenzoïne. Purifié par distillation, il se prend en masse et, après cristallisation dans le mélange benzène-éther de pétrole, il fond à 43°. La déshydratation du phényléthénylglycol a été effectuée par ébullition de 5 minutes, soit avec l'acide formique pur, soit avec l'acide sulfurique à 50 pour 100. Dans les deux cas on sépare par distillation un aldéhyde bouillant à 117° sous 15^{mm} et, dans le second cas seulement, un composé non saturé (Éb. 208° sous 15^{mm}) qui est vraisemblablement l'oxyde diéthylénique correspondant $C^{20}H^{20}O^2$; $n_D^{18} = 1,5685$; $d_0^{18} = 1,0865$; R. M. calculée pour $C^{20}H^{20}O^2$: 88,0; R. M. trouvée : 87,99. Ce composé isomérisé par chauffage avec l'acide sulfurique à 50 pour 100, se convertit en l'aldéhyde ci-dessus.

Aldéhyde α-phénylcrotonique. — L'aldéhyde obtenu ci-dessus fixe le brome et possède les constantes suivantes : Éb. 117° sous 15^{mm}; $n_D^{18} = 1,5605$; $d_{18}^0 = 1,045$; R. M. calculée pour $C^{10}H^{10}O$ 44,63; R. M. trouvée 46,26. Semicarbazone F. 201°. Oxime F. 116°. L'oxydation argentique par la méthode de Delépine-Bonnet fournit 70 pour 100 d'un acide qui, après recristallisation dans la ligroïne, fond à 135°. (Dosage par la baryte P. M. 162,2; P. M. calculé pour $C^{10}H^{10}O^2$ 162.) Cet acide a été identifié par comparaison directe avec l'acide α-phénylcrotonique préparé synthétiquement (2) en condensant le phénylacétate de Na avec la paraldéhyde en présence d'anhydride acétique.

Conclusion. — Le phényléthénylglycol, obtenu par condensation de benzaldéhyde et d'acroléine, fournit par déshydratation acide, effectuée à chaud, l'aldéhyde α-phénylcrotonique. Il y a vraisemblablement formation intermédiaire d'aldéhyde α-phénylisocrotonique résultant d'une transposition hydrobenzoïnique comportant la migration d'un éthényle ou d'un phényle.

---

(1) Il se pourrait que la déshydratation catalytique du divinylglycol en aldéhyde cyclopenténylformique signalée par Urion (*Ann. Chimie*, 11e série, 1, 1934, p. 5) ne s'effectue pas suivant le mécanisme invoqué par cet auteur, mais par transposition hydrobenzoïnique avec formation de divinylacétaldéhyde qui se cycliserait et s'isomériserait ultérieurement. Le produit que nous avons obtenu dans la déshydratation formique du divinylglycol fournit une semi-carbazone, F. 170°, différente de la semi-carbazone de l'aldéhyde d'Urion.

(2) Oglialoro, *Gaz. chim. ital.*, **15**, 1885, p. 517; Rupe et Busolt, *Lieb. Ann.*, **369**, 1909, p. 332.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques combinaisons argentiques de la thiosemicarbazide et des thiosemicarbazones.* Note de M. **Victor Harlay**, présentée par M. Auguste Béhal.

Les thiosemicarbazones fournissent avec les sels des métaux lourds, argent, cuivre, mercure, des combinaisons métalliques, qui ont été signalées par Neuberg et Niemann en 1902 [1]. Les combinaisons argentiques en particulier ont permis à ces auteurs d'isoler certaines aldéhydes et cétones de mélanges complexes.

Ces corps répondent à la forme générale

$$Ag-S-C\begin{matrix}\nearrow N-N=CH.R \\ \searrow NH^2\end{matrix} \quad \text{ou} \quad Ag-S-C\begin{matrix}\nearrow N-N=C\begin{matrix}\nearrow R \\ \searrow R\end{matrix} \\ \searrow NH^2\end{matrix}.$$

Tels qu'ils ont décrits, ils se présentent comme amorphes, d'aspect caséeux et en général altérables à la lumière.

En reprenant l'étude de ces combinaisons, nous avons remarqué que les sels d'argent sont susceptibles de donner, avec la thiosemicarbazide et les thiosemicarbazones, des composés cristallisés, parfaitement définis, non altérables à la lumière diffuse après dessiccation.

Nous avons successivement étudié à ce point de vue la thiosemicarbazide, la thiosemicarbazone de l'acétone et la thiosemicarbazone de l'aldéhyde benzoïque.

A. La thiosemicarbazide donne deux combinaisons :

1° Une combinaison équimoléculaire répondant à la formule suivante, établie par les dosages de l'acide nitrique et de l'argent,

$$\left[Ag-S-C\begin{matrix}\nearrow N-NH^2 \\ \searrow NH^2\end{matrix}\right]NO^3H.$$

On peut à partir de ce corps obtenir au moyen du chlorure de sodium, le chlorhydrate correspondant, moins soluble dans l'eau, et cristallisant de sa solution aqueuse et chaude, par refroidissement, en fines aiguilles longues et soyeuses.

2° Une combinaison résultant de l'association de deux molécules de nitrate d'argent, à trois molécules de thiosemicarbazide.

---

(1) *Berichte*, 35, 1902, p. 2049.

L'une et l'autre sont insolubles en milieu nitrique dilué. La première a pu être utilisée dans ces conditions pour le dosage de la thiosemicarbazide.

B. La thiosemicarbazone de l'acétone, en solution alcoolique, traitée par le nitrate d'argent en excès, fournit un complexe argentique, amorphe, altérable à la lumière et répondant à la formule générale des complexes signalés par Neuberg et Niemann.

Mais en outre on peut obtenir deux combinaisons cristallisées stables résultant :

a, l'une de l'union de 1^{mol} de nitrate d'argent à 2^{mol} de thiosemicarbazone;

b, l'autre de 2^{mol} de nitrate d'argent à 3^{mol} de thiosemicarbazone.

C. La thiosemicarbazone de l'aldéhyde benzoïque est susceptible de donner dans des conditions déterminées des combinaisons analogues aux précédentes et répondant aux deux formules suivantes :

$$\text{(I)}\qquad 2\left[H-S-C\begin{matrix}\nearrow N-N=CH.C^6H^5\\ \searrow NH^2\end{matrix}\right]NO^3Ag,$$

$$\text{(II)}\qquad 3\left[H-S-C\begin{matrix}\nearrow N-N=CH.C^6H^5\\ \searrow NH^2\end{matrix}\right]2(NO^3Ag).$$

Mais de plus on obtient aisément un corps bien cristallisé, très stable provenant de l'union des deux combinaisons (I) et (II).

Ce dernier peut se former aux dépens de la combinaison n° (I), lorsque l'on abandonne celle-ci au contact des eaux mères où elle a pris naissance.

Les déterminations quantitatives de l'argent, de l'acide nitrique et de la thiosemicarbazide ont été effectuées à l'aide des méthodes suivantes :

a. Dosage volumétrique de l'argent au moyen d'une solution titrée de sulfocyanure d'ammonium;

b. Dosage de l'acide nitrique : méthode comparative et gazométrique de Schloesing;

c. Dosage de la thiosemicarbazide par précipitation par une quantité connue de nitrate d'argent, et évaluation de l'excès de ce dernier, par une solution titrée de sulfocyanure.

Une étude plus détaillée de ces diverses combinaisons sera publiée prochainement dans un autre Recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques réactions du chlorure de l'α-mononitrile de l'acide camphorique.* Note de M. **François Salmon-Legagneur**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le chlorure de l'α-mononitrile de l'acide camphorique peut réagir avec $AlCl^3$ au sein d'un solvant inerte tel que le chloroforme; dans ce cas, la réaction s'effectue avec élimination de CO et HCl et s'accompagne, en outre, d'une transposition rétropinacolique; on obtient finalement le nitrile isolauronolique ou β-campholytique (cyano-3-triméthyl-1.1.2-cyclopentène-2; éb. = 86-88° sous 11^{mm}) :

```
CH²——CH——CN  (α)                      CH²——C——CN
|     |                                |    ||
| CH³—C——CH³                           | CH³—C
|     |   ↘            = CO + HCl +    |    |
CH²——C———COCl (β)                      CH²——C——CH³
      |                                     |
      CH³                                   CH³
```

J'ai pu identifier ce dernier par son hydrolyse en amide isolauronolique (F. = 129-130°) et, par comparaison, à un échantillon préparé par Blanc [1]. Cette constatation amène à penser qu'une pareille transposition peut s'accomplir également quand on effectue la même réaction, non plus au sein de $CHCl^3$, mais en présence de benzène; celle-ci conduit, comme je l'ai précédemment indiqué [2], au nitrile de l'acide phényldihydroisolauronolique de Bürcker et Blanc [3], dont la constitution n'est pas encore élucidée; on peut donc légitimement envisager l'hypothèse suivant laquelle ce dernier acide répondrait davantage à la structure d'un dérivé phénylé du carboxy-3-triméthyl-1.1.2-cyclopentane [4] plutôt qu'à celle du phényl-1-carboxy-3-triméthyl-1.2.2-cyclopentane [5].

Le chlorure de l'α-mononitrile camphorique réagit, par contre, normalement, sans transposition, avec plusieurs agents de synthèses. Ainsi, avec

---

[1] *Comptes rendus*, **123**, 1896, p. 752; **124**, 1897, p. 1363; *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, **18**, 1899, p. 231.

[2] *Ann. de Chimie*, 10e série, **8**, 1927, p. 32.

[3] Bürcker, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **13**, 1895, p. 901; Blanc, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **21**, 1899, p. 838.

[4] Le radical phénylé pourrait, dans ce cas, être en position 2 ou 3.

[5] Eijkmann, *Chem. Zentr.*, II, 1907, p. 2046.

le malonate d'éthyle sodé, il conduit, en milieu benzénique, au nitrile-diéther correspondant :

$$C^8H^{14}\begin{cases} CN\ (\alpha) \\ CO-CH(CO^2C^2H^5)^2\ (\beta) \end{cases} \qquad (F = 53^o;\ [\alpha_D^{18^o}] = +67^o,3 \text{ dans l'alcool}).$$

Condensé de même avec le dérivé zincique de C^6H^5Br (1), il donne, avec de bons rendements, le nitrile cétonique :

$$C^8H^{14}\begin{cases} CN\ (\alpha) \\ CO-C^6H^5\ (\beta) \end{cases} \qquad (F = 93\text{-}94^o;\ [\alpha]_D^{18^o} = -14^o,8 \text{ dans le benzène});$$

ce dérivé se laisse aisément hydrolyser en l'amide cétonique :

$$C^8H^{14}\begin{cases} CONH^2\ (\alpha) \\ CO-C^6H^5\ (\beta) \end{cases} \qquad (\text{fusion peu nette avec décomposition vers } 150\text{-}170^o);$$

mais la saponification de cette dernière en l'acide :

$$C^8H^{14}\begin{cases} CO^2H\ (\alpha) \\ CO-C^6H^5\ (\beta) \end{cases} \qquad (F = 80\text{-}81^o)$$

est beaucoup plus laborieuse, surtout si on la compare à la facilité avec laquelle l'amide cétonique isomère :

$$C^8H^{14}\begin{cases} CO-C^6H^5\ (\alpha) \\ CONH^2\ (\beta) \end{cases},$$

dont la fonction amide est pourtant rattachée à un carbone tertiaire, se laisse transformer en acide correspondant (2). On peut remarquer, d'autre part, qu'aucun des trois dérivés cétoniques ainsi isolés (nitrile, amide et acide) ne semble réagir, ni avec l'hydroxylamine, ni avec la semicarbazide.

J'ai également condensé le chlorure de l'α-mononitrile camphorique avec le bromure de phénylmagnésium ; en opérant avec un très large excès de ce dernier, on isole comme produits principaux le nitrile-alcool tertiaire (I) ($F = 161\text{-}162^o$, $[\alpha]_D^{18^o} = -44^o,2$ dans l'alcool) (3) et la cétone alcool tertiaire (II) ($F = 141\text{-}142^o$); dans cette réaction je n'ai pu déceler la forma-

---

(1) Préparé par action de $ZnCl^2$ sur C^6H^5MgBr suivant la technique de Blaise (*Bull. Soc. chim.*, 4e série, 9, 1911, Conférences, p. XII).

(2) F. SALMON-LEGAGNEUR, *loc. cit.*, p. 27.

(3) On peut également obtenir ce même dérivé en condensant $1^{mol},25$ de C^6H^5MgBr avec 1^{mol} du nitrile cétonique $C^8H^{14}\begin{cases} CN \\ COC^6H^5 \end{cases}$, isolé plus haut.

tion que d'une minime quantité de la dicétone (III) (F = 118°) :

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CN\\ C\left\langle\begin{matrix}OH\\ (C^6H^5)^2\end{matrix}\right.\end{matrix}\right. \quad (I). \qquad C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CO-C^6H^5\\ C\left\langle\begin{matrix}OH\\ (C^6H^5)^2\end{matrix}\right.\end{matrix}\right. \quad (II). \qquad C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CO-C^6H^5\\ CO-C^6H^5\end{matrix}\right. \quad (III).$$

Ce résultat est tout à fait normal mais il diffère de celui obtenu lors de la condensation de C^6H^5MgBr avec les éthers de l'α-mononitrile camphorique dans les mêmes conditions opératoires. Dans ce dernier cas, comme je l'ai montré (¹), l'attaque de la fonction éther-sel ne va pas au delà de la transformation en fonction cétonique et le groupe nitrile est attaqué conjointement, si ce n'est en premier lieu; il se fait, en outre, une migration de l'atome d'azote de la position α à la position β. Dans le cas présent, au contraire, le groupe chlorure d'acide est transformé d'emblée, et pour la majeure partie, en alcool tertiaire; l'attaque de la fonction nitrile ne se fait qu'ultérieurement.

En résumé, on voit que, exception faite de son action sur le chlorure d'aluminium qui se produit avec transposition et départ d'oxyde de carbone, le chlorure de l'α-mononitrile camphorique réagit normalement avec les autres agents de synthèses tels que dérivés maloniques, organozinciques et organomagnésiens aromatiques.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Caractéristiques fréquence-température de plaques de quartz oscillant à coefficient de température nul.* Note (²) de MM. **Issac Koga** et **Mitsuo Shoyama**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons montré (³) que, pour une lame de quartz mince dont les faces principales sont parallèles à l'axe électrique *x* (*fig.* 1), les vibrations dites d'épaisseur, utilisées pour la stabilisation des oscillateurs, sont de pures vibrations de cisaillement. L'étude expérimentale de la rela-

(¹) *Loc. cit.*, p. 19; *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 790.

(²) Séance du 25 mars 1935.

(³) I. Koga, *Supplementary Issue of J. I. E. E.*, Japan, avril 1932; *J. I. E. E. Japan*, **52**, n° 8, 1932, p. 633, etc.

tion entre la colatitude θ des surfaces principales et le coefficient de variation de fréquence avec la température a fait voir que, pour $\theta = 55^\circ$ et 138° environ, le coefficient de température est nul (1).

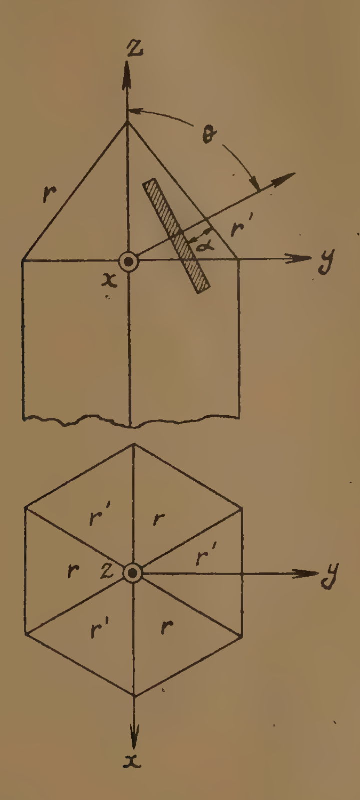


Fig. 1.

Des expériences récentes nous ont montré que, contrairement à une affirmation précédente (*loc. cit.*), la fréquence ne varie pas linéairement en fonction de la température, mais suit une loi beaucoup plus compliquée comme l'indiquent la figure 2 et le Tableau I. Les plaques essayées étaient toutes rectangulaires et leurs surfaces principales étaient rendues parallèles à l'axe électrique à une demi-minute près au moyen d'un spectromètre à rayons X.

(1) I. Koga and N. Takagi, *J. I. E. E. Japan*, 54, n° 10, 1933, p. 940.

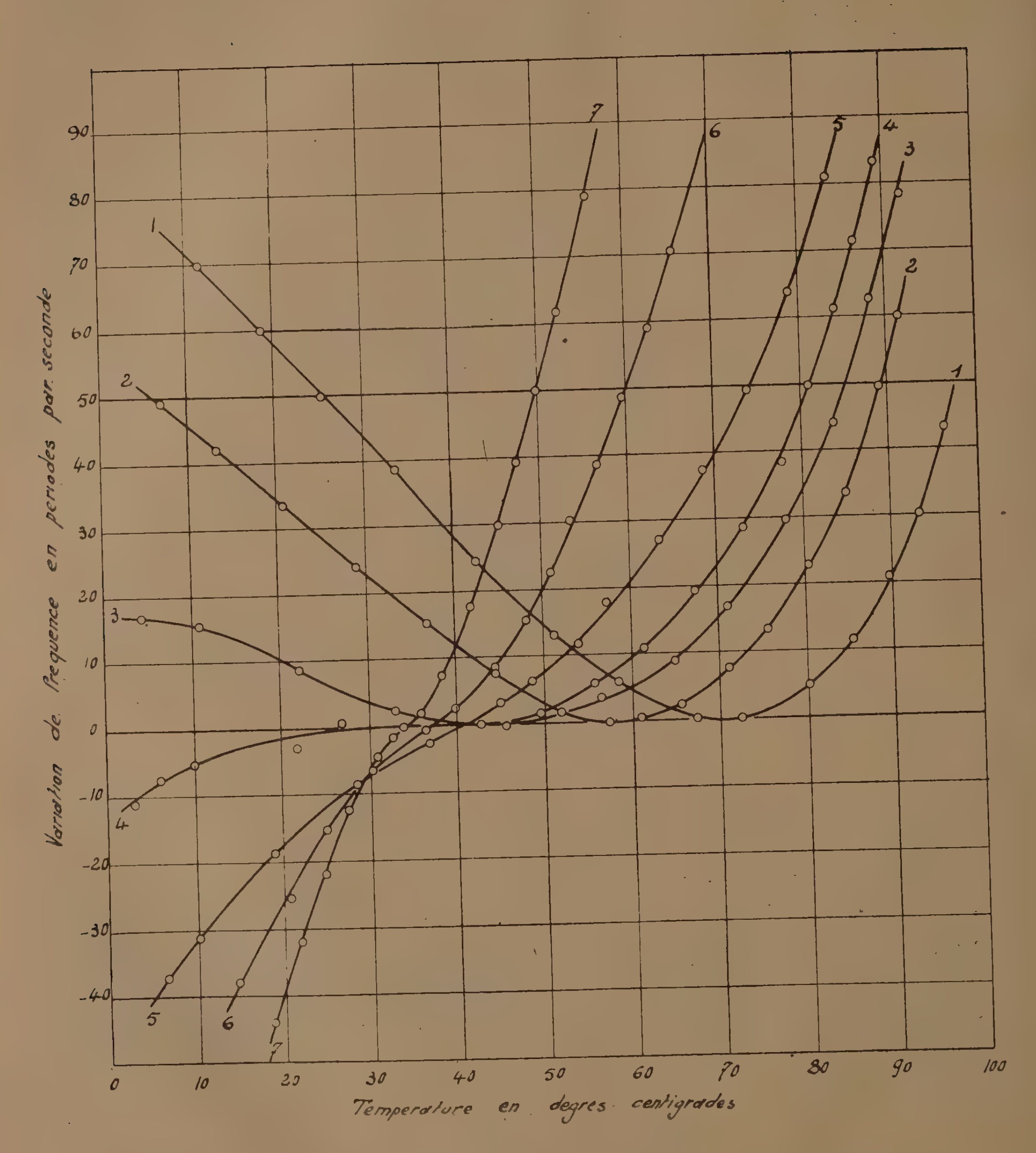

Variation de frequence en periodes par seconde
Temperature en degres centigrades
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
1
2
3
4
5
6
7

Fig. 2.

TABLEAU I.

	α	θ	Dimensions (mm).	Fréquence (Kc/s).
	° ′	° ′		
1	2.51	54.38	0,62 × 21,3 × 27,0	2692,4
2	2.54,5	54.41,5	0,62 × 23,2 × 28,5	2689,8
3	2.56	54.43	0,62 × 21,1 × 27,0	2691,0
4	2.58	54.45	0,62 × 22,1 × 27,0	2692,7
5	3. 2,5	54.49,5	0,62 × 22,0 × 27,0	2691,4
6	3. 7,5	54.54,5	0,62 × 22,1 × 27,1	2692,1
7	3.16	55. 3	0,62 × 22,0 × 27,0	2687,7

α = angle mesuré au moyen du spectromètre à rayons X,

$\theta = \alpha + 90° - 38° 13'$.

Les petits côtés des surfaces principales sont parallèles à l'axe électrique.

PÉDOLOGIE. — *Sur l'histoire des sols des terrasses rhénanes à couverture de lœss en Haute-Alsace.* Note de M. **J. Franc de Ferrière**, présentée par M. Lucien Cayeux.

La *Haute-Terrasse* du Rhin est bien visible dans la carrière supérieure de Sierentz située à flanc de coteau au sud-ouest de la briqueterie; la partie supérieure des cailloutis, une dizaine de mètres au-dessus du niveau de la Basse-Terrasse, présente une décalcification portant sur plusieurs mètres, avec rubéfaction très nette des alluvions, mais sans podsolisation. C'est un sol à faciès méditerranéen, formé sous un climat relativement chaud et humide. Il est recouvert d'un *premier lœss* éolien calcaire, indiquant le passage à un climat continental et froid : sol typique de steppe désertique froide. Ce premier lœss est surmonté d'un épais manteau de lehm décalcifié présentant les caractères d'un sol podsolique bien développé avec : horizon A éluvial gris clair, décalcifié et podsolisé, enrichi en sable fin, à structure schisteuse de sol battant; horizon B_1 de lehm argileux brun, puis rougeâtre, éluvial pour le calcaire, mais illuvial pour les sesquioxydes et l'argile, horizon C de lœss éolien calcaire contenant de très grandes poupées calcaires qui forment un second horizon illuvial B_2. Au-dessus de ce lehm, un *second lœss* éolien apparaît, jaune clair, calcaire, parfois sableux. Il est séparé du *troisième lœss* ou *lœss supérieur*, de teinte plus blanchâtre, par une surface irrégulière, avec traces d'érosion, présentant de petites poupées en partie brisées; c'est le reste d'un ancien sol, constitué dans l'intervalle du dépôt éolien des deux lœss supérieurs.

Ce sol intermédiaire est très bien conservé dans la carrière de lœss située au sud du village d'Eguisheim, au pied des Vosges. Là, le lœss supérieur blanchâtre est séparé du lœss sableux, par un beau sol fossile présentant les caractères d'un *tchernoziom* ou sol de steppe herbeuse classique; ce sol présente en particulier des infiltrations de pseudomycélium calcaire et les terriers fossiles de Rongeurs, connus en Russie sous le nom de *Krotovines*.

Le lœss éolien supérieur qui couvre les coteaux du Sundgau au Sud de Mulhouse descend sur les pentes jusqu'au niveau actuel de l'Ill. Par contre il ne se trouve dans la vallée du Rhin, sur le niveau supérieur de la *Basse-Terrasse*, que sous la forme de *lœss fluviatile*. Ce dernier est visible au fond de la carrière inférieure de la briqueterie de Sierentz : c'est un lœss calcaire finement stratifié présentant à l'analyse physique une composition analogue à celle du lœss éolien des coteaux voisins. Il est recouvert par un lehm brun entièrement décalcifié offrant les caractères d'un sol éluvial constitué à ses dépens. Le calcaire déplacé du lehm s'est concrété en un niveau illuvial de poupées situées dans le lœss calcaire inférieur à une trentaine de centimètres au-dessous de la limite des deux formations. Ce sol fossile éluvial qui s'est formé sous un climat assez humide, lors de l'abandon définitif par le fleuve du niveau supérieur de la Basse-Terrasse, est aujourd'hui enterré sous la masse des éboulis descendus des coteaux voisins et formés par du lœss de remaniement.

L'*histoire pédologique* de ces formation depuis le début du Monastirien, c'est-à-dire depuis l'Interglaciaire Riss-Würm, est donc la suivante : le sol rouge de décalcification, à faciès méditerranéen, constitué aux dépens des cailloutis de la Haute-Terrasse, correspondrait au *Monastirien vrai*, époque relativement chaude et humide. L'influence glaciaire *würmienne* amène ensuite en Alsace le climat désertique glacé caractérisé par le premier *lœss* éolien. La fonte des glaciers würmiens correspond avec la période très humide qui amène une décalcification profonde du lœss, et la formation du lehm à grandes poupées de Sierentz. C'est la grande récession, que l'on peut considérer comme une véritable récurrence monastirienne : elle correspond à la première submersion marine à Yoldia arctica. Nous avons vu que ce sol de lehm était un sol podsolique, donc de région humide et relativement froide. Mais l'influence würmienne, glaciaire et continentale, reparaît amenant la formation du *second lœss;* c'est le *Néowürm* ou *Stade d'Ammersee*. Puis, nouvel adoucissement du climat, la récession d'Achen, moins forte que la précédente, fait apparaître seulement en Alsace un sol de steppe herbeuse : le tchernoziom d'Eguisheim. Cet adoucissement

correspond au dépôt de couches marines supérieures à Yoldia arctica. Une ultime offensive du climat désertique glacé amène la formation du *læss supérieur :* c'est le *stade de Bühl.* Le Rhin à ce moment déborde encore sur le niveau supérieur de la Basse-Terrasse et y dépose le lœss fluviatile stratifié de la carrière inférieure de Sierentz. Un renouveau d'humidité se manifeste alors, auquel nous devons la formation du lehm brun de la carrière inférieure de Sierentz. C'est environ l'époque de la trangression de la mer à Zirphæa dans le domaine danois, trangression qui me paraît pouvoir être prise comme base du *Flandrien*, caractérisé dans nos contrées, au point de vue climatique, par la disparition définitive de l'influence glaciaire würmienne.

En résumé, la période géologique correspondant aux derniers lœss d'Alsace a vu se succéder les oscillations de deux influences climatiques opposées : l'*influence océanique humide*, que je qualifie de *monastirienne*, marquée par trois récurrences auxquelles correspondent : le sol rouge de la Haute-Terrasse, le grand lehm podsolisé de Sierentz, le tchernoziom d'Eguisheim, et l'*influence continentale*, celle des glaces *würmiennes,* qui amène en Alsace trois récurrences de lœss. Le Flandrien inférieur débute ensuite par un retour des conditions d'humidité qui atteindront leur maximum au Flandrien moyen, lors de la période atlantique.

GÉOLOGIE APPLIQUÉE. — *Sur l'extension du faciès hydrocarburé Toarcien dans l'est de la France.* Note de MM. **Louis** et **Henri Longchambon.**

La présence d'un faciès schisteux plus ou moins riche en hydrocarbures a été reconnue depuis longtemps dans la région des Causses et dans la bordure orientale du bassin parisien, au niveau des marnes à posidonies du Toarcien (1). Nous avons procédé, dans l'est de la France, du Jura jusqu'aux Ardennes, à une étude systématique de la continuité, de la puissance et de la richesse en hydrocarbures de ces formations, en tenant compte des possibilités d'exploitation. Nous avons également étudié les conditions de pyrogénation de ces schistes et les propriétés des hydrocarbures obtenus. Les résultats acquis nous permettent d'être affirmatifs

---

(1) On doit à M. Fournier et à ses élèves, MM. Grosjean (*Thèse*, Besançon, 1924), Dosios (*id.*, 1924), Dobbs (*id.*, 1927), les dernières études publiées sur ces formations dans la région de Besançon.

sur les possibilités d'exploitation qu'offrent ces gisements dont nous donnons les caractéristiques principales, en allant du Sud au Nord.

Dans la région de Salins, la zone hydrocarburée est toujours de faible puissance (4 à 5^{m}), mais augmente du Sud au Nord, pouvant atteindre 10^{m} aux environs de Besançon. Le relief accusé de cette région, son style tectonique donnant des pendages souvent très élevés, s'ajoutent pour définir une région à affleurements nombreux, mais à possibilités d'exploitation en carrière à débit limité. Le tonnage disponible sous faible découvert est de l'ordre de 3 millions de tonnes avec une teneur moyenne de 5 pour 100 d'huile condensable, soit 150000^{t} d'huile brute pour les environs de Salins et Besançon.

Plus au Nord, vers Baume-les-Dames, Autechaux, Rognon, Gouhelans, Nans, les gisements sont plus continus et à pendages souvent faibles permettant des exploitations à grand débit. De plus, la puissance marque une nouvelle augmentation et atteint 15 à 20^{m}, la teneur restant à 4,5 pour 100. Le tonnage disponible entre Baume-les-Dames et Belfort est de 60 millions de tonnes environ, soit 3 millions de tonnes d'huile brute.

Quittant la région plissée du Jura, on atteint les larges affleurements subhorizontaux du Toarcien qui caractérisent les régions de Vesoul, Port d'Atelier et Langres.

Dans la région de Vesoul la puissance est de 25 à 30^{m} avec une teneur moyenne de 5 pour 100. Le relief mou, le pendage faible du schiste mis parfois à nu sur de grandes surfaces par l'érosion, rendent les conditions de gisement très avantageuses. Le tonnage disponible est considérable : le Toarcien constitue, en effet, le sol et le sous-sol immédiat de cette région. On compte de nombreuses masses découpées par l'érosion, dont le volume est de 50 à 100 millions de mètres cubes. Aussi est-il possible d'estimer à un minimum d'un milliard de tonnes le schiste disponible à ciel ouvert autour de Saulx de Vesoul, entre Villersexel et Faverney. Cette masse constitue une réserve de matière organique pouvant donner 50 millions de tonnes d'huile à la distillation.

La continuité de l'imprégnation des schistes à posidonies en hydrocarbures, depuis Salins jusqu'à Port d'Atelier, a été ainsi établie par près de 500 prélèvements et pyrogénations conduisant aux teneurs moyennes indiquées. La teneur varie de 3 à 10 pour 100 suivant les points, atteignant ce maximum au sommet de l'affleurement accidentel de Mouthier-Hautepierre.

Par contre, dans la région de Langres, ce niveau parfaitement déter-

miné en plusieurs points a en général un faciès marneux, micacé et non bitumineux. Cependant, près de Baissey, on retrouve des schistes à hydrocarbures dont la liaison avec ceux de Vesoul pourrait se faire par la région de Jussey-Port d'Atelier, où le niveau correspondant exigerait des sondages pour pouvoir être observé.

Au nord-est de Langres, le Toarcien à faciès schisto-bitumineux se retrouve en larges fenêtres dans le plateau jurassique, puis en affleurements continus jusqu'à Nancy. Sur ce trajet, trois gisements sont importants; Is en Bassigny (Haute-Marne), Chatenois (Vosges) avec 100 millions de tonnes de schiste et le gisement de Grimonviller-Fécocourt (Meurthe-et-Moselle) où plusieurs masses de 100 millions de tonnes ont été identifiées avec une teneur de 5 pour 100 d'huile. Au total, pour cette région, 15 à 20 millions de tonnes d'huile brute.

Les environs immédiats de Nancy sont caractérisés par des affleurements nombreux du Toarcien à flanc de coteaux, notamment à Mousson et Ville-au-Val où la teneur dépasse 6 pour 100, mais, en général, la puissance de la couche schisteuse est réduite.

Le Toarcien a été reconnu hydrocarburé tout le long de la vallée de la Moselle depuis les abords de Pagny-sur-Moselle jusqu'à la vallée de l'Orne, au niveau de Rombas-Hagondange. Au sud d'Arnaville, les schistes ont une teneur de 5 pour 100, mais aux environs mêmes de Metz, nous avons trouvé des schistes à 6 et 9 pour 100 de matières condensables. Des sondages seraient utiles dans cette région pour fixer la puissance.

Dans la région de Thionville les schistes hydrocarburés ont été identifiés à Beuvange, Oeutrange et Kanfen. Enfin, dans les Ardennes, nous les avons retrouvés aux abords de Sedan et Flize avec 5 pour 100 d'huile. L'absence de relief a rendu la prospection difficile dans toute cette région qui mériterait d'être étudiée par sondage.

Une vue d'ensemble, du Jura jusqu'aux Ardennes, permet donc de constater une continuité remarquable du faciès schisteux et hydrocarburé du Toarcien. La puissance des couches et la régularité de l'imprégnation rendent possible d'envisager l'exploitation de ce niveau comme source d'hydrocarbures. Les tonnages reconnus dès maintenant entre Vesoul et Nancy représentent 1 milliard et demi de tonnes de schiste à 5 pour 100, soit 70 millions de tonnes d'huile brute.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la constitution des vents de sable en Syrie.* Note de M. **Ch. Combier**, présentée par M. Georges Perrier.

Le sable dans l'atmosphère est fréquent en Syrie. J'ai montré ailleurs [1] qu'il peut s'y trouver de trois façons différentes :

1° Par la *brume de sable*, transportée du Sahara dans le secteur chaud des dépressions de *Khamsin* presque exclusivement au printemps;

2° Par des *tourbillons de sable* à axe vertical, qui se groupent souvent en familles le long d'une même trajectoire pendant des heures ou même des journées. Ils se produisent surtout en été, et dans des zones privilégiées, toujours les mêmes;

3° Par les *vents de sable* proprement dits, qui peuvent, dans le désert où il ne pleut que rarement, se produire toute l'année.

De tous ces météores, les derniers sont les plus dangereux; d'autre part, leur étude détaillée est difficile, par le fait que ce sont des phénomènes du désert le plus souvent, et parce que le sable se diffuse autour des parties actives, les noyant dans une masse amorphe que l'œil ne peut analyser. On a indiqué précédemment [2] que la photographie, surtout avec les plaques panchromatiques et l'écran rouge employés par A. Poidebard dans ses expériences; permettait d'apporter d'utiles précisions sur la constitution interne des vents de sable, en éliminant de l'image la poussière diffusée.

Il semble résulter de nombreuses observations visuelles, confirmées et précisées par l'étude de photographies prises sur diverses émulsions, que le phénomène *se rattache toujours à des mouvements tourbillonnaires ou ondulatoires horizontaux*, comme il a été signalé dans la dite Note.

En effet, le *mur de sable* qui est la partie visible du météore, affecte la forme d'une nappe courbe à concavité tournée vers le haut, où règne une grande turbulence; il y a même parfois deux ou plusieurs de ces nappes parallèles. Cette apparence est produite par le rebondissement sur le sol d'un vent descendant qui arrache des particules dont le nombre et la grosseur dépendent à la fois de l'état du terrain et de la force du vent, ainsi que de son inclinaison sur l'horizon.

On devra donc prévoir des vents de sable toutes les fois que, au-dessus

---

[1] *Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique*, 6, fasc. 4, 1933, p. 326 et suiv.

[2] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 640.

d'un sol sec et steppique ou dépourvu de végétation, la situation atmosphérique amènera des vents descendants assez forts (au-dessus de 8 m/s probablement). Par contre, il n'y aura pas lieu d'en craindre si la composante plongeante manque, et cela quelle que soit la force du vent. Par exemple, il y aura toujours vent de sable en avant d'un orage, le vent y prenant par entraînement une composante fortement descendante, et parfois sous l'orage, si le tourbillon est assez bas pour toucher le sol; l'arrivée d'un front froid sera généralement accompagnée d'un vent de sable, etc. Il s'en produira encore facilement sous le vent d'un relief si la brise est assez forte, mais il est alors local et stationnaire.

Parmi les conclusions pratiques susceptibles d'intéresser l'aviation, bornons-nous à la suivante, dont la méconnaissance est peut-être à la base de la plupart des accidents d'atterrissage près de vents de sable : il sera toujours dangereux, surtout hors des terrains préparés, d'atterrir dans l'air limpide derrière le *mur*, l'avion risquant d'être plaqué au sol, même à une assez grande distance. Le point d'atterrissage le moins défavorable serait probablement juste en arrière du point précis où le sable commence à être soulevé de terre, les filets d'air étant, à cet endroit seulement, à peu près horizontaux.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la relation entre les conductibilités électriques de l'air et le danger provenant de la foudre*. Note (1) de MM. **Robert Gibrat** et **Georges Viel**, présentée par M. Charles Fabry.

L'un de nous a récemment procédé à une série de mesures des conductibilités électriques de l'air sur le parcours de différentes lignes d'énergie électrique à haute tension. Ces mesures très nombreuses, faites au moyen de l'appareil Gerdien dans des conditions précisées ailleurs (2), nous ont permis d'établir des relations assez précises entre les conductibilités de l'air et le danger provenant de la foudre, et conduisent à des conclusions qui permettent de préciser celles de M. C. Dauzère (3).

Nous appellerons s la conductibilité totale de l'air, r le rapport de la

(1) Séance du 25 mars 1935.

(2) G. Viel, *Sur la détermination des zones exposées à la foudre au moyen de mesures de la conductibilité électrique de l'air* (*Conférence internationale des Grands Réseaux électriques*, session de 1935).

(3) *Bulletin de la Société française des Électriciens*, 3, juin 1933, p. 623.

conductibilité due aux ions négatifs à celle due aux ions positifs, D le danger provenant de la foudre, soit, par définition, le nombre de coups de foudre tombant par unités de longueur et de temps.

Les données expérimentales sont, pour chacune des variables r ou s et pour une ligne d'énergie donnée, la longueur totale $f(x)$ des tronçons où la variable considérée est inférieure à x et, dans les mêmes zones, le nombre $g(x)$ des coups de foudre obtenu par des relevés statistiques remontant, dans notre cas, à une vingtaine d'années. Il est facile de voir que

$$D(x) = \frac{g'(x)}{f'(x)},$$

mais le nombre des observations est encore trop faible et les valeurs ainsi déterminées pour le danger en fonction de x varient brusquement entre zéro et l'infini, sans qu'il soit possible d'interpoler raisonnablement une courbe continue. Nous avons donc utilisé les transformations suivantes définissant z et y en fonction de x :

$$f(x) = \frac{L}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{z} e^{-z^2}\,dz, \qquad g(x) = \frac{N}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{y} e^{-y^2}\,dy;$$

d'où

$$D(x) = \frac{N}{L}e^{z^2-y^2}\frac{dy}{dz},$$

L est la longueur totale de la ligne, N le nombre total des coups de foudre par an.

Nous avons trouvé que les faits sont bien représentés par les formules

$$z = a\log x + b, \qquad y = a\log x + c.$$

Ce qui démontre que la conductibilité totale de l'air, le rapport des conductibilités et le nombre des coups de foudre se répartissent suivant la loi que l'un de nous a appelée *loi de l'effet proportionnel* [1]. De plus, on obtient la formule remarquable suivante :

$$D(x) = kx^m,$$

k et m étant des constantes.

---

[1] R. Gibrat, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 843; *Les Inégalités économiques*, 1931, p. 1 à 296; *Bulletin de la Statistique générale de la France*, **19**, 1930, p. 469 et *Revue générale de l'Électricité*, **32**, 1932, p. 493-501 et 525-532.

Finalement, la discussion de tous les résultats [1] nous a conduits aux conclusions suivantes :

1° La conductibilité totale de l'air s présente, en certains lieux, d'une manière permanente, des valeurs supérieures à celles que l'on trouve en d'autres lieux, il existe donc des points d'ionisation forte.

2° Le quotient r de la conductibilité due aux ions négatifs par celle due aux ions positifs, présente aussi, en certains lieux, d'une manière permanente, des valeurs supérieures à celles que l'on trouve en d'autres lieux. Il existe donc des points à prédominance marquée d'ions négatifs.

3° Les points à ionisation forte ne coïncident pas avec ceux à prédominance marquée d'ions négatifs. D'une manière précise, *les deux variables r et s ne sont pas liées.*

4° Les lieux à prédominance marquée d'ions négatifs sont toujours des points de prédilection de la foudre.

5° Les lieux de forte ionisation ne sont pas toujours des points de prédilection de la foudre.

6° Le danger à la foudre varie comme une certaine puissance des variables r et s. Pour deux lignes étudiées sur trois, il est indépendant de la conductibilité totale (exposant nul).

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Amplitude de la composante semi-diurne du gradient de potentiel électrique terrestre et activité solaire.* Note [2] de M. **R. Guizonnier**, présentée par M. Charles Maurain.

La méthode d'analyse que j'ai déjà employée, appliquée aux valeurs moyennes horaires mensuelles que j'ai utilisées pour l'étude de la composante diurne, fournit l'amplitude A′ de la composante semi-diurne.

Les valeurs de A′, portées en courbes, indiquent des variations d'une durée de l'ordre de quelques mois. Ces courbes offrent un parallélisme remarquable avec celles que donnent les valeurs moyennes mensuelles de la surface des taches solaires. Quand le parallélisme a été troublé par quelques irrégularités, des combinaisons, destinées à faire disparaître ces dernières,

---

[1] On en trouvera une analyse détaillée dans : R. Gibrat, *Étude statistique sur les relations entre la conductibilité électrique de l'air et le danger provenant de la foudre* (*Conférence internationale des grands réseaux électriques*, session de 1935).

[2] Séance du 25 mars 1935.

le montrent de façon sûre. La figure 2 indique le cas, très net, donné par l'observatoire de l'Ebre (1910-1911); la figure 1 est un exemple fourni par différentes stations étudiées pour un même groupe d'années (1927-1928).

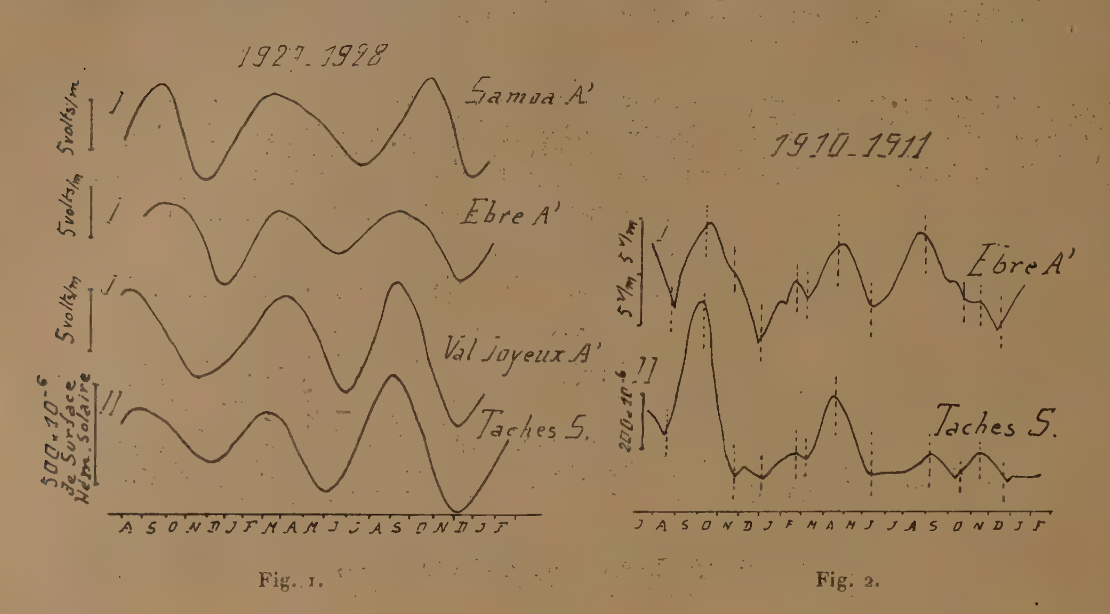


Fig. 1. Fig. 2.

Les courbes I se rapportent à A′, les courbes II, à la surface des taches solaires.

L'amplitude A′ a été aussi isolée à partir des valeurs moyennes horaires annuelles pour les trois stations : observatoire de l'Ebre, Kew, Eskdalemuir, enregistrant depuis une trentaine d'années le gradient de potentiel électrique terrestre. Pour l'observatoire de l'Ebre seulement, le parallélisme a été trouvé, de façon nette, entre A′ et la surface moyenne annuelle des taches solaires (maxima en 1918 et 1929, minimum en 1922).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches physiologiques sur les parents et les hybrides de Fève* (Vicia faba *L.*). Note de Mme C. **Sosa-Bourdouil**, présentée par M. Julien Costantin.

Les variétés de Fève que nous avons étudiées sont : la Fève des marais (*Vicia faba* var. *major*) dont les graines ont un poids moyen de 1^g,31 et la Féverole (*Vicia faba* var. *minor*) dont le poids moyen des graines est de 0^g,43. Les graines hybrides de première génération ont un poids moyen voisin de

celui de la plante mère. En deuxième génération, elles ont un poids intermédiaire de celui des parents (moyenne $0^{g},978$).

Les analyses ont porté sur la teneur en azote et en glucides de ces Fèves.

Azote. — La teneur en azote total, présente, pour une même lignée, des fluctuations assez importantes. Si l'on examine chaque graine prise individuellement les résultats sont les suivants :

Fève des marais. — *Teneur en azote pour* 100 *de substance sèche : graines prélevées :*

1° Sur la même plante : 5,14; 5,51; 5,26.

2° Sur des plantes différentes : 5,19; 4,83; 4,94; 5,05; 4,86; 5,28, etc.

Féverole. — *Graines prélevées :* 1° *sur le même étage de gousses.* — Première plante (groupe de 3 gousses) :

	1re gousse (base).	2e gousse.	3e gousse (sommet).
Première graine	4,51	4,32	4,3
Deuxième graine	4,68	4,44	4,22
Troisième graine	4,57	4,43	4,34

Deuxième plante (groupe de 4 gousses) :

	1re gousse (base).	2e gousse.	3e gousse.	4e gousse (sommet).
Première graine	4,36	4,24	3,85	3,94
Deuxième graine	–	4,17	–	3,87

2° *Graines prélevées sur la même plante à des étages différents :*

	Base.	Milieu.	Sommet.
Troisième plante	4,98	4,9	4,68
Quatrième plante	4,61	4,36	4,24

La teneur en azote des graines de ces plantes appartenant à la même variété et cultivées dans les mêmes conditions, présente des fluctuations assez fortes, puisque, pour la Féverole par exemple, on obtient des chiffres compris entre 3,87 et 4,98, c'est-à-dire des différences atteignant plus de 20 pour 100 du contingent azoté total. En général, dans une même gousse les variations sont assez faibles, elles s'accroissent pour des gousses différentes prélevées sur la même plante, elles atteignent leur plus grande valeur pour des graines prélevées sur des plantes différentes. Dans une même plante, la répartition de la plus forte teneur en azote ne semble pas quelconque, tout au moins dans les cas étudiés. A la base de la plante se trouvent les graines les plus riches en azote, la quantité décroît en s'approchant du sommet.

D'une manière générale la Fève des marais présente une teneur en azote plus forte que la féverole (chiffre moyen : Fève des marais, 5,1 ; Féverole, 4,5). Il y a, en ce qui concerne la Fève, une quantité d'azote héréditairement transmise et qui constitue sa plus grande masse, et une quantité fluctuante qui est le propre des variations individuelles.

Chez l'hybride de deuxième génération les proportions d'azote se rapprochent, tantôt de l'un des parents, tantôt de l'autre, ou sont souvent intermédiaires :

Fève × Féverole (F_2). Teneur en azote pour 100 de substance sèche.
Graines :
1° Prélevées sur la même plante : 4,48; 4,5; 4,3; 4,37; 4,25; 4,25.
2° Prélevées sur des plantes différentes : 5; 5,34; 4,6; 5,3; 5,03.

Glucides. — L'analyse des glucides a donné, pour les hybrides et les parents, les résultats suivants (pour 100g de graines) :

	Fève.	Féverole.	Fève × Féverole (F_2).
Teneur en eau	8,52	8,34	8,34
Sucre réducteur fourni par hydrolyse acide :			
Soluble dans l'alcool	5,64	3,91	4,42
Insoluble dans l'alcool	42,3	45,9	46,4
Sucre réducteur fourni par hydrolyse diastasique :			
Soluble dans l'alcool : Après action de l'invertine	3,6	2,1	2,6
» Après action de l'émulsine	5,95	3,63	4,23
Insoluble dans l'alcool : Action de la pancréatine (amidon).	35,8	35,3	36

Les teneurs en glucides des deux variétés croisées sont peu différentes. Les quantités trouvées chez l'hybride sont proches de celles des parents. Le croisement n'a donc pas sensiblement modifié l'activité de synthèse de ces substances chez l'hybride.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de la folliculine et de l'équilénine sur le développement de la jacinthe.* Note de M. **Maurice-Marie Janot**, présentée par M. Auguste Béhal.

Les expériences de W. Schœller et H. Gœbel sur l'action de la folliculine sur les végétaux n'ayant pu être reproduites par A.-I. Virtanen et S. v. Hausen (1), H. v. Euler, et B. Zondek (2), et par R. Harder et

(1) *Nature*, 132, 1933, p. 408; *B. Z.*, 272, 1934, p. 32.
(2) *Bot. Z.*, 271, 1934, p. 64.

I. Störmer [1] alors qu'elles étaient confirmées par R. Wasicky [2] et ses collaborateurs, Scharrer et Schropp [3] et partiellement par Chouard [4] et par moi [5], il m'a paru indispensable de procéder à de nouveaux essais.

J'ai cherché à préciser le rôle des traces d'alcali servant à solubiliser l'hormone dans l'eau, sujet également abordé par W. Schœller et H. Gœbel [6]. Les études portant sur des plantes cultivées en terre ont été abandonnées. La terre est un milieu trop complexe pour mettre en évidence le rôle de chaque facteur. Aussi ai-je utilisé le développement de la jacinthe *l'Innocence* dans l'eau.

Le 11 octobre 1934, 200 bulbes choisis aussi identiques que possible, sains, sans bourgeons latéraux visibles et de poids voisin (80 à 85^{g}) sont répartis sur des vases à jacinthe, remplis d'eau potable. Le niveau de l'eau est amené à 2^{mm} environ au-dessous de la base du bulbe. La collection est répartie, dans une cave, à l'abri de la lumière, à une température de 10 à 13°.

Le 13 novembre, le développement des racines étant suffisant dans presque tous les échantillons, on procède aux essais proprement dits. On ne retient que 146 individus d'aspect identique. Les vases sont vidés, rincés à l'eau distillée à plusieurs reprises. On verse dans chacun d'eux, soit 10$^{cm^3}$, soit 25$^{cm^3}$ de solution aqueuse à 4^{mg} par litre (saturation) de folliculine cristallisée (F.) ou d'équilénine (Eq.) ($1^{cm^3} = 4\gamma$ de l'hormone), ou de solution alcaline des deux principes dont 1$^{cm^3}$ renferme 3,6γ NaOH et 4γ d'hormone. On complète ensuite à 450$^{cm^3}$ avec de l'eau fraîchement distillée.

Toutes les séries comprenaient 15 échantillons sauf les séries alcalines à 10$^{cm^3}$ qui en comptaient 10 et celles des témoins alcalins à 10 et 25$^{cm^3}$ qui se composaient respectivement de 5 et 16 sujets (T. A.).

Le tout est placé dans une serre à 18°. Les flacons sont souvent agités et on rétablit le niveau de l'eau dans les vases par addition d'eau distillée, s'il y a lieu.

Les tableaux ci-après donnent d'abord la date de l'apparition de l'inflorescence (I), c'est-à-dire le moment où les feuilles s'écartent spontanément

---

(1) *Jahrb. wiss. Botanik*, **80**, 1934, p. 1.
(2) *Biologia generalis*, **9**, 1933, p. 331.
(3) *Zeitschr. f. Pflanzenernährung*, **13**, 1934, p. 1.
(4) *C. R. Soc. Biol.*, **117**, 1934, p. 1180.
(5) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1175.
(6) *B. Z.*, **272**, 1934, p. 215.

et laissent voir l'inflorescence verte et ensuite (II) le jour où la première fleur blanche apparaît (en pour 100).

	I.						II.					
	21-XII-34.	27.	31.	9-I-35.	11.	24.	21-XII-34.	27.	31.	9-I-35.	11.	24.
T........	33	73	73	80	93	100	0	9	9	41	64	93
F.10.....	33	33	33	73	73	86	0	20	60	54	63	100
F.25.....	80	80	80	93	93	100	0	33	50	85	92	100
Eq.10....	26	40	53	86	86	86	0	33	25	76	84	100
Eq.25....	73	73	80	86	86	100	0	45	50	76	76	100
T.A.10...	20	80	80	100	100	100	0	25	25	20	40	100
F.A.10...	40	70	70	80	80	100	0	28	28	87	87	100
Eq.A.10...	20	60	60	70	88	88	0	50	66	85	75	88
T.A.25...	62	81	81	93	100	100	0	30	38	73	75	100
F.A.25...	53	60	60	80	80	100	0	33	44	75	83	100
Eq.A.25...	80	93	93	100	100	100	0	28	42	73	80	100

Remarques. — *a.* Plusieurs vases ont été envahis par des algues et moisissures et les racines des plantes touchées ont été très abîmées.

b. Les plus beaux résultats ont été obtenus avec l'équilénine à la dose de 100^{γ} en milieu alcalin (NaOH : 90^{γ}). Les feuilles sont grandes et vigoureuses, les inflorescences hautes et les hampes bien garnies.

c. Pour la folliculine, la dose optimum a été de 40^{γ}, en milieu alcalin à 36^{γ} NaOH.

Conclusions. — 1° L'apparition de l'inflorescence n'est vraiment hâtée, dans nos expériences, que dans le cas de l'équilénine en milieu alcalin et pour respectivement 100^{γ} et 90^{γ}.

2° La date de la floraison ne semble pas influencée par les hormones. On constate même que pour l'équilénine en milieu alcalin, l'avance observée pour l'apparition de l'inflorescence n'est pas conservée pour la floraison.

3° L'action de la folliculine et de l'équilénine est donc en réalité faible si l'on évite de nombreuses causes d'erreurs, et en particulier celles d'opérer sur un trop petit nombre d'échantillons et dans un milieu hétérogène comme la terre.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Cultures de tubercules obtenus par la germination de graines de Pomme de terre élevées en montagne en 1933.* Note de MM. **Joseph** et **Charles Bouget**, présentée par M. Julien Costantin.

En 1933, nous avons cultivé au Peyras, à 1400^{m} d'altitude, des plants de jeunes Pommes de terre issus de graines qui avaient été mises en germina-

tion le 28 février 1933 à Verrières-le-Buisson (Seine-et-Oise) dans les serres des Établissements Vilmorin (¹). Ces plants furent expédiés en mai à Bagnères-de-Bigorre et mis en *terre ordinaire* abondamment fumée le 12 mai 1933. Dans ce sol riche et *surtout à cette forte altitude*, la végétation a été vraiment vigoureuse et la tubérisation abondante : six plantes ont donné le 29 novembre 74 tubercules d'un poids total de 2^{kg},200.

Il était intéressant de voir ce qu'ils donneraient l'année suivante. Nous les avons plantés en 1934 d'une part au Peyras et d'autre part à Bagnères-de-Bigorre (à 560^m d'altitude).

Voici les résultats obtenus pour 10 pieds dans chacune des deux stations :

I. *Au Peyras* (à 1400^m). — Plantation, le 16 mai 1934; arrachage le 15 octobre. On ne mentionne ici que les pieds à numéros impairs :

Pied.	Nombre des nouveaux tubercules.	Récolte.	Caractères des tubercules.
1	12	1,120	ronds et blancs
3	39	1,700	longs et rouges
5	10	0,580	ovales et blancs
7	9	0,500	longs et roses
9	13	1,500	ronds et blancs

Récolte totale des 10 pieds : 7^{kg},870 (avec 227 tubercules).

Remarque. — Le pied n° 2 a donné 75 tubercules (28 moyens et 47 petits et très petits, mais la récolte de ce pied n'a été que 0^{kg},370) de plusieurs couleurs.

II. *A Bagnères-de-Bigorre* (560^m). — Plantation, le 14 mai, arrachage, le 21 octobre et 8 novembre.

Pied.	Nombre des nouveaux tubercules.	Récolte.	Caractères des tubercules.
2.....	7	0,410	bourgeonnement des tubercules
4.....	3	0,330	2 longs et rouges et 1 rond et blanc
6.....	12	0,630	longs et rouges
8.....	10	1,300	8 ronds blancs, 2 moyens rosés
10.....	10	0,590	ronds et blancs

Récolte totale des 10 pieds : 7^{gk},730 (avec 129 tubercules).

Remarque. — Les tubercules du pied n° 9 sont ovales et rosés.

Les variations qui viennent d'être signalées dans la récolte des divers

(¹) J. Costantin, J. Magrou, J. Bouget et Mlle V. Jaudel, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1195.

pieds et même dans celle d'un seul pied trahissent le caractère hétérozygote de la variété ainsi étudiée *Maréchal Franchet d'Esperey*, résultant d'une hybridation. Les variations ont porté sur la forme des tubercules (ronds, longs et ovales), et sur leur couleur (blancs, rouges ou rosés). D'ordinaire un pied donne des tubercules qui sont tous du même type (ronds et blancs, par exemple). Mais pour quelques pieds on a récolté des tubercules de types différents (pied n° 4 de Bagnères). Des faits de cette nature ont déjà été observés quand on a élevé des graines de Pomme de terre issues d'un croisement entre variétés différentes. L'exemple précédent méritait néanmoins d'être indiqué avec précision.

En outre, deux phénomènes méritent, croyons-nous, d'être surtout relevés.

1° A Bagnères-de-Bigorre, les tubercules, pieds n° 3 et n° 4, présentent un bourgeonnement au moment de la récolte (8 novembre 1934). En outre pour la récolte du pied n° 1 certains tubercules commençaient à germer le 18 novembre 1934. Il semble donc que la période de repos de la végétation souterraine, qui coïncide d'ordinaire avec le moment de l'arrachage, n'existait pas. Ce bourgeonnement s'accuse surtout sur les tubercules colorés; les blancs sont peu bourgeonnés.

2° Cette persistance de l'activité de la partie de la plante qui est dans le sol s'est montrée également par l'observation suivante. A Bagnères-de-Bigorre certains pieds ont été arrachés le 21 octobre (c'est-à-dire à une date voisine de l'arrachage du Peyras, 15 octobre); or, ce jour-là après avoir enlevé les tubercules gros, moyens et petits, on trouvait plusieurs tubercules qui étaient en voie de formation. Voici les longueurs et largeurs des tubercules observés : $11^{mm} \times 6^{mm}$; $8^{mm} \times 6^{mm}$; $11^{mm} \times 3^{mm},5$; $5^{mm} \times 4^{mm}$; $7^{mm} \times 2^{mm}$; $3^{mm} \times 1^{mm}$; $2^{mm},5 \times 1^{mm}$; $1^{mm},5 \times 1^{mm}$. Il arrive souvent qu'au moment de la récolte on remarque quelques petits tubercules, mais jamais, croyons-nous, des *tubercules véritablement microscopiques* qui sont manifestement aux premiers stades de la tubérisation. Nous avons d'ailleurs laissé en terre un des pieds, du 21 octobre au 8 novembre, et nous avons observé à cette dernière date, après l'enlèvement des gros tubercules, qu'il restait au milieu du chevelu des stolons et des racines des tubercules mesurant : $11^{mm} \times 8^{mm}$; $12^{mm} \times 7^{mm}$; $12^{mm} \times 9^{mm}$; $14^{mm} \times 5^{mm}$; $11^{mm} \times 6^{mm}$; $8^{mm} \times 7^{mm}$; $9^{mm} \times 5^{mm}$; $5^{mm} \times 3^{mm}$; $6^{mm} \times 5^{mm}$; $7^{mm} \times 2^{mm}$; $3^{mm} \times 2^{mm}$, etc.

L'activité des Champignons symbiotiques s'est donc maintenue du 21 octobre au 8 novembre.

Le rendement moyen au pied est à peu près le même dans les deux stations :

787gr au Peyras, 773gr à Bagnères. Il semble, dans ce dernier cas, que la productivité en relation avec l'altitude de 1400m (en 1933) s'est conservée en 1934 à l'altitude de 560m.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Sur le pouvoir absorbant des sols vis-à-vis du chlorure de magnésium.* Note de M. **Robert Échevin**, présentée par M. Marin Molliard.

On sait que certains constituants des sels fertilisants (ammoniaque, acide phosphorique, potasse) ne sont que très faiblement extraits des sols par les eaux de drainage. Par contre le pouvoir absorbant des sols est beaucoup moins élevé pour d'autres éléments; la magnésie, en particulier, est généralement entraînée avec facilité par les eaux météoriques.

En utilisant une méthode récemment mise au point par Javillier et Lavollay [1], permettant de doser aisément dans les solutions du sol, des quantités de magnésium de l'ordre de quelques dixièmes de milligrammes, nous nous sommes proposé de déterminer l'importance du pouvoir absorbant de divers sols à l'égard d'un sel de magnésium très soluble, le chlorure.

Sept types de terre ont été constitués à partir d'argile, de calcaires, d'humus et de sable de Fontainebleau, puis introduits dans des tubes de Schlœsing de 5cm de diamètre intérieur, fermés à la base par une double épaisseur de toile de soie. Deux tubes contenant le même poids de terre (26cm de hauteur) ont été mis en expérience avec chaque type de terre. L'un des tubes, le témoin, reçoit 150cm³ d'eau distillée, l'autre 150cm³ d'eau tenant en solution 78mg,5 de Cl^2Mg6H^2O, soit 9mg,3 de magnésium. Les sols sont ainsi également hydratés sans qu'il se produise d'écoulement par la base des tubes. Deux jours après chaque sol reçoit un arrosage de 100mm d'eau distillée (40cm³ quotidiennement pendant 5 jours), 27 jours plus tard nouvel arrosage de 120mm (40cm³ quotidiennement pendant 6 jours).

Chaque tube contenant 510cm³ de terre reçoit donc, en dehors de l'eau d'hydratation, 440cm³ d'eau d'arrosage, soit une pluie de 220mm. Le magnésium a été dosé dans les eaux de drainage recueillies par la base de chaque tube.

---

(1) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **16**, 1934, p. 1531.

		Volume des liquides écoulés après le premier arrosage.	Volume des liquides écoulés après le deuxième arrosage.	Total.	Magnésium contenu dans la totalité des eaux de drainage.
		cm³	cm³	cm³	mg
Sol nº 1 (humus 3, calcaire 5, argile 5)	Sol témoin	88	90	178	31,31
	Sol + 9mg,3 de Mg.	71,5	60	131,5	35,42
Sol nº 2 (humus 3, sable 10)	Sol témoin	100,5	97	197,5	29,70
	Sol + 9mg,3 de Mg.	53,5	41	94,5	24,47
Sol nº 3 (humus 3, argile 10)	Sol témoin	133,5	124	257,5	42,26
	Sol + 9mg,3 de Mg.	114	104	218	36,17
Sol nº 4 (calcaire 5, sable 10)	Sol témoin	114,5	87	201,5	1,37
	Sol + 9mg,3 de Mg.	83	51	144	1,67
Sol nº 5 (calcaire 5, argile 10)	Sol témoin	87,5	115	202,5	6,74
	Sol + 9mg,3 de Mg.	71	55	136	6,47
Sol nº 6 (sable)	Sol témoin	144	89	233	traces
	Sol + 9mg,3 de Mg.	106	48	154	4,01
Sol nº 7 (argile)	Sol témoin	101,5	101	202,5	11,49
	Sol + 9mg,3 de Mg.	63,5	77	140,5	9,50

A l'examen des chiffres apparaît un fait pour le moins inattendu, dans cinq cas sur sept les eaux de drainage des sols témoins renferment davantage ou autant de magnésium que les eaux qui ont drainé les sols dans lesquels le chlorure a été ajouté. Encore faut-il faire remarquer que les sols 1 et 6, qui font exception, n'ont pas abandonné la moitié de la dose de magnésium qu'ils ont reçue. Le sol trés léger, constitué par le sable de Fontainebleau, a conservé 57 pour 100 du magnésium ajouté.

Tous les témoins ont fourni beaucoup plus d'eau de drainage que les sols correspondants enrichis en chlorure de magnésium. En admettant que l'évaporation ait été la même, pendant la durée de l'expérience, dans les deux lots d'un même sol, on peut facilement calculer que, pour 100cm³ d'eau d'arrosage, la quantité d'eau retenue par les sept témoins est respectivement proportionnelle aux nombres 59, 55, 41, 54, 54, 47 et 54, tandis que, dans les sols enrichis en chlorure, l'eau est retenue proportionnellement aux nombres 72, 78, 48, 67, 69, 65 et 68.

On peut conclure que les sols possèdent un pouvoir absorbant élevé vis-à-vis du chlorure de magnésium. D'autre part il n'est pas sans intérêt de remarquer que l'apport de chlorure, à la dose employée dans ces expériences,

a pour effet d'augmenter, très sensiblement pour certaines terres, la capacité des sols pour l'eau; la capacité du sable de Fontainebleau, en particulier, passe de 47 à 65 par addition du sel.

AGRONOMIE. — *Le rapport* C/N *dans la plante* Blé *à l'épiaison et à la floraison; ses notables variations suivant le milieu.* Note (1) de MM. **Louis Maume** et **Jacques Dulac**, présentée par M. Émile Schribaux.

Différents auteurs ont établi que le rapport carbone/azote augmente à mesure que la plante avance en âge. A chaque époque physiologique de la plante, doit donc correspondre un rapport C/N qui lui est propre. Aussi, est-il indispensable, lorsqu'on veut faire porter la comparaison sur plusieurs variétés n'ayant pas la même durée de végétation, de les échantillonner au même âge physiologique.

Deux époques physiologiques peuvent être saisies avec précision :

a, l'épiaison (sortie complète du premier épillet hors de la dernière gaine foliaire);

b, le début de la floraison (sortie des étamines des fleurs de base des épillets du centre de l'épi).

Nos observations portent sur diverses variétés de Blé qui nous furent adressées en 1934 par plusieurs centres agronomiques.

Examinons d'abord comment varie, dans un même lieu, la valeur C/N pour plusieurs variétés observées aux deux époques physiologiques citées, et correspondant à toute la partie aérienne de la plante, la racine étant exclue.

Colmar.

	Aurore.	Chiddam de mars.	Garnett.	Manitoba.	Marquis.	Reward.
Épiaison C/N	10,9	10,1	10	11,9	10,4	10,7
Floraison C/N	16,2	15,4	15,2	15,2	15,7	14,7

Nous remarquons d'abord que ce rapport est moins élevé à l'épiaison qu'à la floraison, fait prévu, traduisant surtout un enrichissement en cellulose de la plante qui vieillit. Mais, d'autre part, nous constatons que la valeur C/N reste sensiblement la même, quelle que soit la variété considérée, indiquant par là que, sans doute, le milieu, plus que la variété, a

(1) Séance du 25 mars 1935.

commandé le chimisme de la plante. En fait, cette influence prépondérante du milieu va se retrouver en considérant des Blés ayant végété dans des conditions nettement différentes.

En effet, nous avons examiné, à une même époque physiologique, la floraison, les valeurs du rapport carbone/azote sur des Blés de différentes provenances. Le tableau ci-dessous nous donne les valeurs de C/N ainsi trouvées :

Rapport C/N au début de la floraison.

	Clermont-Ferrand.	Colmar.	Dijon.	Versailles.	Montpellier.
Aurore	–	16,2	16,5	15,7	46,5
Chiddam de Mars	22,7	15,4	15,2	15,2	–
Garnett	21,8	15,2	14,5	14,1	–
Manitoba	22,8	15,2	15,4	16,0	45,1
Marquis	24,6	15,7	15,6	15,2	–
Reward	–	14,7	15,0	14,0	–
Alsace	–	–	15,5	–	43,6
Vilmorin 27	–	–	15,4	–	44,3

Autres variétés à Montpellier en 1934.

Florence Aurore	48,5	Aubaine	44,8
Bon fermier	47,6	Préparateur Étienne	35,8
Hâtif inversable	46,5	Carlotta Strampelli	41,6
P. L. M. 1	44,3	Alliés	36,7
Ardito	44,7	Bordeaux	45,3
Saissette	45,7	Rieti	42,7
Rouge prolifique	34,8	Hérisson	44,2
Touzelle blanche	43	Blaedette de Puylaurens	43,9

L'examen de ces chiffres montre que ce rapport, pour les cultures de Colmar, Dijon, Versailles, ne présente pas de différences appréciables, mais qu'il devient plus élevé pour toutes les variétés à Clermont-Ferrand, et atteint enfin une valeur beaucoup plus grande pour les nombreuses variétés étudiées à Montpellier.

En conclusion, complétant ce qui a déjà été dit à propos de N, P^2O^5, K^2O [1], cette expérience nous permet d'affirmer que *le milieu détermine d'une façon prépondérante le chimisme de la plante Blé*, et qu'on ne saurait confondre le mode d'alimentation ni la constitution des Blés d'une même variété, cultivés les uns dans le nord, les autres dans le midi de la France.

(1) *Comptes rendus séances Acad. d'Agriculture*, 21, 23 janvier 1935, p. 120.

BIOLOGIE. — *Études sur les effets biologiques des ultra-pressions : action des pressions élevées sur les tumeurs.* Note de MM. **James Basset**, **Eugène Wollman**, **Michel-A. Macheboeuf** et **Michel Bardach**, présentée par M. Félix Mesnil.

Il a été établi [1] que les spores bactériennes ne sont pas tuées lorsque la pression atteint 10 000^{atm}. Les formes végétatives des bactéries sont tuées aux environs de 5000^{atm}. Les bactériophages présentent une résistance de même ordre que les formes végétatives des bactéries, avec cette particularité que la résistance varie dans les limites assez larges (2000 à 6000^{atm}), suivant le groupe de bactériophages. Le virus vaccinal, qui résiste à 2000^{atm}, est tué à moins de 4000^{atm}. Enfin les diastases et les toxines résistent aux pressions énormes de 10 000^{atm} et il faut atteindre 12 000 ou 15 000^{atm} pour les inactiver.

Il était indiqué d'étendre ces recherches aux tumeurs malignes, dans l'espoir de recueillir quelques indications sur la nature toujours controversée de ces processus. Nos expériences ont porté sur une tumeur filtrable de la poule, le sarcome de Rous, ainsi que sur 4 tumeurs de souris : le carcinome 63 et le sarcome 37 de Londres; le sarcome d'Ehrlich qui a fait l'objet des récentes recherches de Besredka et Gross; une tumeur spontanée du poumon fournie par Mme V. Henri et dont la nature histologique n'a pas été précisée.

Les tumeurs de souris étaient très finiment découpées aux ciseaux et les fragments ainsi obtenus mis en suspension dans de l'eau physiologique. Pour chaque tumeur, 6 souris furent inoculées avec la suspension témoin, tandis que 6 étaient inoculées avec chacune des fractions soumises à la pression (1800, 4000 et 6000^{atm} pendant 30 minutes); en tout 24 souris par tumeur. La tumeur de poule fut soigneusement broyée et mise en suspension dans de l'eau physiologique. Deux poules furent inoculées avec la suspension témoin et deux poules avec chacune des fractions soumises à la pression. Dans tous les cas, les suspensions témoins furent conservées dans les mêmes conditions de température et pendant le même laps de temps que les fractions soumises à la pression.

Résultats. — Avec le sarcome de Rous, seules les poules témoins ainsi

---

(1) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1431; **196**, 1933, p. 67, 1138 et 1540; **197**, 1934, p. 796; **200**, 1935, p. 1072.

que celles inoculées avec la fraction soumise à une pression de 1800^{atm}, contractèrent des tumeurs; ces dernières d'ailleurs avec un certain retard par rapport aux témoins : ceux-ci sont morts respectivement 17 et 19 jours après inoculation, alors que les poules inoculées avec la suspension pressée à 1800^{atm} succombèrent après 44 et 52 jours.

Quant aux tumeurs de souris, la pression la plus basse employée, celle de 1800^{atm}, avait suffi à les inactiver toutes; seules en effet, pour les quatre tumeurs étudiées, les souris témoins, inoculées avec les suspensions non pressées, présentèrent des tumeurs.

La fragilité des tumeurs de souris à la pression ayant été ainsi mise en évidence, une nouvelle expérience fut instituée. Comme les résultats obtenus avaient été identiques pour les quatre tumeurs de souris étudiées, une seule de celles-ci, le sarcome 37, a, cette fois-ci, été mise en expérience. Des suspensions de cette tumeur préparées comme il a été dit furent soumises aux pressions de 1000 et 1800^{atm}; 6 souris furent inoculées avec chacune des fractions ainsi traitées, 6 autres le furent avec la suspension témoin. Cette fois encore, les souris inoculées avec la fraction portée à 1800^{atm}, restèrent indemnes; celles inoculées avec la fraction pressée à 1000^{atm}, ainsi que les souris témoins, contractèrent des tumeurs.

Il résulte de ces expériences que, parmi les tumeurs étudiées, seul le sarcome de Rous, lié à un principe filtrable, présente une résistance à la pression comparable à celle de certains agents antérieurement étudiés (bactériophage staphylococcique, virus vaccinal). La sensibilité à la pression des tumeurs de souris s'est donc montrée plus marquée que celle des divers principes étudiés jusqu'ici. Il paraît probable que cette sensibilité est liée à celle des cellules néoplasiques elles-mêmes.

HISTOGENÈSE. — *Formation des baguettes d'élastoïdine chez les embryons de Salmonides.* Note de Mlle **Henriette Garrault**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les éléments sous-épidermiques qui constituent la charpente primaire des ébauches des nageoires chez les embryons et les larves d'un très grand nombre de Poissons, ont été décrites, voici longtemps déjà, comme des *baguettes cornées*; Goodrich (1904) les nomme *actinotrichia*. Ces formations persistent chez l'adulte, dans la nageoire adipeuse de quelques Téléostéens

et dans les nageoires des Élasmobranches (*ceratotrichia* de Ryder et de Goodrich); elles prennent alors un développement considérable.

Les baguettes cornées, *actinotrichia* ou *ceratotrichia*, sont des formations conjonctives, comme le pensaient déjà Leydig et Gegenbauer, mais elles sont constituées par une scléroprotéine spéciale, contenant du soufre et différant, par sa nature chimique, à la fois du collagène et de l'élastine; c'est l'élastoïdine de Krukenberg (1885).

Le développement des baguettes d'élastoïdine a été étudié par R. G. Harrison (1893), chez l'embryon des Salmonides; cet auteur a pensé que des cellules mésenchymateuses, différenciées dans un sens spécial, les ptérygoblastes de Ryder, participent directement à l'élaboration de ces baguettes. Reprenant l'étude du même objet, dans le but de préciser le mécanisme de la formation des baguettes, nous avons constaté que celles-ci apparaissent au stade M. de Laguesse, dans la partie périphérique des plis ectodermiques, dorsal et ventral, constituant les ébauches des nageoires; elles apparaissent juste au-dessous du tégument, dans une région *qui n'est pas encore envahie* par le développement progressif du réseau mésenchymateux et où l'on n'observe que de très rares cellules migratrices mobiles.

L'épiderme est limité, du côté interne, par une lame basale, électivement colorable comme une substance collagène, résistante, et pouvant être isolée mécaniquement de l'épiderme. C'est à sa face interne qu'apparaissent, d'abord par groupes, de très fines fibrilles parallèles, plus ou moins espacées. Elles sont parfaitement lisses, rectilignes, légèrement obliques par rapport à l'axe de l'embryon.

Aux stades suivants, on observe l'accroissement, en nombre et en longueur, des éléments fibrillaires qui prennent rapidement l'aspect définitif des baguettes cornées, en même temps que le réseau mésenchymateux envahit progressivement toute l'ébauche de la nageoire.

Il résulte nettement de ces faits que l'apparition des fibres d'élastoïdine est indépendante des cellules mésenchymateuses, et que les aspects décrits par Harrison s'expliquent par l'infiltration secondaire des cellules mésenchymateuses mobiles, qui s'insinuent entre les fibres déjà formées, en voie d'accroissement, et s'allongent à leur surface.

Les baguettes cornées se présentent comme des aiguilles droites, pointues, de forme bien définie, de consistance rigide et élastique, assez différentes des structures collagènes fibrillaires. Leurs propriétés optiques indiquent une structure anisotrope, le grand axe optique coïncidant avec l'axe de la fibre. D'après leur mode de formation, on doit considérer les

baguettes d'élastoïdine comme résultant de la séparation ou de la précipitation orientée d'une substance intercellulaire particulièrement insoluble.

On pourrait supposer que la structure primitive de la basale sous-épidermique (¹) contribue à l'orientation parallèle des baguettes d'élastoïdine. Il est remarquable cependant que les *actinotrichia* n'existent pas seulement au contact de la lame basale; elles peuvent également se former dans les espaces occupés par le mésenchyme, dans l'épaisseur de la nageoire caudale en particulier. Lorsque ces formations se développent ainsi dans un milieu fluide (²), leur orientation est quelconque et les baguettes apparaissent fréquemment groupées en bouquets d'aiguilles divergentes.

A l'égard des problèmes généraux soulevés par l'histogénèse du tissu conjonctif, il est intéressant de constater que les baguettes d'élastoïdine se développent dans le milieu intercellulaire, indépendamment de l'action directe des cellules et conformément au schéma donné par Baitsell et par Nageotte pour le développement des structures collagènes proprement dites.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de dosage de l'antitoxine diphtérique par la viscosité.* Note (³) de M. **P. Lecomte du Noüy** et Mlle **Viviane Hamon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Pensant que la floculation utilisée par Ramon pour le dosage de l'antitoxine diphtérique était l'aboutissement macroscopique de phénomènes physicochimiques invisibles, nous avons essayé de mettre ceux-ci en évidence au moyen de la méthode viscosimétrique (⁴).

Procédant exactement comme il est prescrit pour la méthode de Ramon, nous avons préparé un certain nombre de tubes à essai contenant 5^{cm^3} d'une toxine diphtérique de valeur connue, à laquelle nous avons ajouté des quantités progressivement décroissantes de sérum à doser. Nous avons ensuite mesuré les viscosités de ces différents mélanges à $25° \pm 0,01$.

(¹) Cette lame basale apparaît elle-même comme un double système fibrillaire, croisé à angles droits, très difficile à définir, même aux plus forts grossissements.

(²) Les espaces intercellulaires sont remplis par une substance muqueuse colorable par le muci-carmin.

(³) Séance du 18 mars 1935.

(⁴) Lecomte du Noüy, *J. of Gen. Physiol.*, 5, 1923, p. 429. *Exposition du Centenaire de Pasteur*, Strasbourg 1923. Envois de l'Institut Rockefeller.

Nous avons alors constaté, après un temps variable suivant le sérum employé, une augmentation très nette et souvent assez considérable (50 pour 100) de la viscosité. Le mélange qui présentait cette augmentation *dans le temps le plus court* était le même que celui qui présentait la floculation le plus rapidement, et par conséquent celui dans lequel la toxine et l'antitoxine sont mutuellement et exactement saturées. Parfois, mais pas toujours, cette réaction se produit dans le viscosimètre en un temps plus court que le temps nécessaire pour faire apparaître la première floculation dans la technique de Ramon : 30 minutes au lieu d'une heure ou une heure et demie. A ce moment, le mélange est parfaitement limpide. Parfois, le temps est le même. Mais, dans certains cas où la floculation donnait un résultat douteux, c'est-à-dire quand elle semblait se produire à peu près simultanément dans trois ou quatre tubes, nous avons constaté une différence de temps sensible dans l'apparition du maximum de viscosité. Ceci permet de faire espérer qu'on pourrait obtenir un dosage plus rigoureux que par la floculation.

Le maximum de viscosité est très pointu; c'est-à-dire qu'ayant atteint une certaine valeur, la viscosité diminue aussitôt.

Voici les résultats de trois expériences. Ces mesures, exprimées en unités arbitraires (lectures sur l'échelle) proportionnelles à la viscosité absolue, correspondent au mélange saturé toxine-antitoxine :

Temps (min.).	0.	10.	20.	24.	30.	37.	40.	50.
Exp. 65......	290	315	390	424	350	325	318	318
Exp. 67......	300	317	350	385	429	470	420	363
Exp. 71......	298	316	368	410	443	385	348	344

Le tableau ci-dessous contient les écarts de temps observés entre les maxima obtenus avec des doses différentes d'antitoxine.

	Expérience 65.			Expérience 67.			Expérience 71.				
Doses d'antitoxine (en cm³).	0,8	0,9	1,0	0,6	0,7	0,8	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
Maximum atteint (en min.).	26	24	28	44	37	44	—	55	30	35	115
Amplitude du maximum...	389	424 (1)	418	410	470 (1)	456	—	415	443 (1)	444	393

La température joue un rôle important dans ce phénomène et influe sur le temps qui s'écoule entre le mélange de l'antitoxine et de la toxine et l'apparition du maximum de viscosité.

(1) Saturé.

PROTISTOLOGIE. — *Sur l'évolution schizogonique du macrogamétocyte d'*Hæmoproteus paddæ. Note [1] de MM. **René Legroux** et **André Lwoff**, présentée par M. Félix Mesnil.

Katahira (1929) a rencontré dans le sang du calfat (*Padda oryzivora* L.) un *Plasmodium* assez rare coexistant avec l'*Hæmoproteus*; ce *Plasmodium* a été revu par Uegaki (1930) et Kikuth (1931). Katahira a montré que ce *Plasmodium* est faiblement infectieux pour le canari, presque pas infectieux pour le moineau. Uegaki l'a réétudié en détail. Kikuth a montré qu'il est inoculable au canari et se comporte comme un *Plasmodium præcox* (*relictum*) de faible virulence. Brumpt, qui le décrit à nouveau (1935), vient de créer pour lui l'espèce *Plasmodium paddæ* [2].

En 1924 [3] nous avons interprété, comme stades de l'évolution schizogonique du macrogamétocyte de l'*Hæmoproteus paddæ*, les figures que nous donnons ci-contre. M. Brumpt les attribue dans sa récente Communication à la schizogonie de *Plasmodium paddæ*. D'après Brumpt : « les grains de pigment de *P. paddæ* sont fins et assez nombreux, ils sont beaucoup moins volumineux que ceux d'*Hæmoproteus paddæ* » (p. 968). L'examen de nos figures montre que, pour ce qui concerne les stades 2 (*fig.* 2) et 8 (*fig.* 3), le pigment des figures que nous attribuons à l'*Hæmoproteus* ne peut être rapporté au *Plasmodium paddæ :* les grains de pigment sont volumineux et, en particulier au stade 8, il existe, en plus de trois grains isolés, un gros



amas morulaire de pigment dont la masse est supérieure à celle de deux noyaux (*fig.* 3). Au stade à 11 noyaux (*fig.* 4), il y a, en plus des grains de

(1) Séance du 25 mars 1935.

(2) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 967.

(3) *Bull. Soc. Path. exot.*, **17**, 1924, p. 287.

pigment isolés, un amas de pigment diffus de taille relativement importante. L'amas pigmentaire du stade 8 (*fig.* 3) est notablement plus important que ceux que présentent les *Plasmodium* d'oiseaux : *Pl. præcox*, *cathemerium*, *elongatum*, *circumflexum*. D'après les caractères du pigment de *Plasmodium paddæ* donnés par M. Brumpt, les stades que nous avons décrits n'appartiennent certainement pas à ce *Plasmodium* [1].

De plus nous n'avons trouvé dans notre préparation, outre les stades que nous figurons ici et un autre stade 2, que des gamétocytes d'*Hæmoproteus* et rien qui puisse se rapporter à un *Plasmodium*. Nous ne voyons donc aucune raison pour abandonner le point de vue auquel nous nous sommes placés en 1924, qui se relie à la question de l'évolution schizogonique des gamètes des *Plasmodium* du paludisme humain.

HYGIÈNE. — *Étude de la clarification des eaux par les microbes.* Note de M. **Frédéric Diénert**, présentée par M. Pierre Viala.

Avec M. Villemaine j'ai montré que la clarification des eaux d'égout résultait de la coagulation des matières colloïdales par divers microbes se fixant sur certains corps comme la cellulose, la paille par exemple. Par la suite, j'ai constaté que ces mêmes microbes se fixent sur les verres du récipient quand ils ne trouvent pas d'autres matériaux. On voit alors peu à peu les parois de verre se salir tandis que le liquide se clarifie. En ensemençant dans des tubes contenant de l'eau d'égoût stérilisée une trace du dépôt trouvé sur le verre ou sur la paille ainsi activée on obtient la clarification de cette eau d'égoût. Ces dépôts renferment des germes coagulants auxquels l'oxygène est indispensable. En effet un séjour de ces microbes en présence de gaz carbonique entraîne un important ralentissement dans eur faculté de coagulation.

Il y a plusieurs espèces de microbes coagulants. D'une eau d'égout nous avons isolé un germe donnant une culture formant une pellicule mince sur les parois du ballon renfermant de l'eau d'égout stérile. D'autre part, d'une boue activée, par dilutions sucessives, on obtient une culture de microbes coagulants formant des grumeaux restant au fond du tube. Ces microbes

(1) F. Mesnil, analysant le travail de Uegaki, a fait remarquer (1932) que les stades d'évolution d'un *Plasmodium* du *padda*, décrits par ce savant, ne présentent aucune ressemblance avec ceux que nous avons interprétés comme évolution schizogonique du macrogamétocyte d'*Hæmoproteus paddæ*.

ne peuvent être isolés par culture sur gélatine ou sur gélose. Ces cultures examinées au microscope laissent voir de petits bâtonnets fortement agglomérés les uns aux autres formant comme une membrane assez résistante.

Nous n'avons jamais pu déceler de diastase coagulante dans une culture de ces microbes en filtrant celle-ci sur bougie Chamberland, après broyage de ces membranes microbiennes avec du sable stérile.

En cultivant ces microbes dans une eau d'égout, diluée pour obtenir une pellicule adhérente aux parois du ballon et en dilacérant ensuite cette pellicule dans l'eau distillée, on constate que la suspension microbienne ainsi obtenue est légèrement électro-positive. La même culture dans du bouillon de peptone forme une culture en voile qui, mise dans l'eau distillée, est électronégative par électrophorèse. Voici ce qui paraît se passer. Quand la culture adhère au verre, la charge positive de la membrane microbienne est saturée par la charge négative du verre; et quand on détache la culture du verre, la membrane récupère sa charge positive que l'électrophorèse décèle. Quand, au contraire, on cultive les mêmes cultures sur bouillon, le voile qui se forme, flottant dans le liquide, se sature de chaque côté de particules colloïdales électronégatives du milieu de culture et la suspension microbienne est électronégative à l'électrophorèse.

On comprend alors très bien pourquoi ces germes électropositifs adhèrent assez fortement aux parois électronégatives des récipients et aussi pourquoi les granules des matières colloïdales coagulées grossissent. C'est, qu'en effet, ces microbes coagulants se développent à la surface des particules coagulées et continuent à attirer au fur et à mesure sur eux les granules non encore agglutinées.

Ces microbes coagulants se retrouvent dans les boues activées, dans les filtres à sable lents où ils contribuent à la création de la couche biologique filtrante nécessaire pour obtenir des eaux claires.

Grâce à ces microbes on peut clarifier un liquide en le filtrant sur des matériaux qui ne passent pas pour être filtrants, comme par exemple des débris de tubes de verre.

En faisant passer l'eau trouble plusieurs fois à travers ces tubes de verre recouverts de microbes coagulants, on obtient une eau aussi claire que si elle était passée à travers un filtre à sable lent en pleine activité. Si l'on stérilise au préalable ces tubes de verre et l'eau trouble, on n'obtient aucune clarification.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Immunité croisée entre les cultures de typhus exanthématique historique ou murin et les virus de passage.* Note de MM. **Paul Giroud** et **Harry Plotz**, transmise par M. Charles Nicolle.

La culture des *Rickettsia* du typhus exanthématique, tentée par Wolbach et Schlesinger, puis par Zinsser et Batchelder, a été réalisée par Pinkerton et Hass, dans un milieu classique, et, par Clara Nigg et Landsteiner, en liquide de Tyrode, additionné de sérum et de fragments de vaginales de cobayes.

La valeur des cultures ne peut être jugée que par l'immunité qu'elles confèrent. Les résultats que nous rapportons ici ont été obtenus avec les cultures d'un virus murin mexicain (Zinsser) et d'un virus historique européen (F. Breinl), vis-à-vis de trois virus de passage : virus historique de Ch. Nicolle (Tunis), virus murin mexicain (Zinsser), virus murin I des rats du port de Tunis (Ch. Nicolle et H. Sparrow).

Les cultures employées ont pour origine des souches isolées par Nigg et Landsteiner; nous avons suivi, pour les repiquages, leur méthode. Ces cultures étaient inoculées, après un séjour de 10 jours à 37°, à la dose de 1^{cm^3} à 1/100e de centimètre cube, dans le péritoine des cobayes; nous avons utilisé des cultures des 10e à 17e passages du virus européen, des 68e à 72e passages du virus mexicain.

A la suite des inoculations des cultures, les animaux présentent une courbe thermométrique caractéristique et, lorsqu'il s'agit du virus murin, une orchite. Les épreuves d'immunité croisée ont été pratiquées 1 et 3 mois après la première inoculation.

Expériences. — *Cobayes infectés par la culture du virus européen et éprouvés avec les virus de passage.*

Au bout d'un mois, les cobayes, infectés par la culture du virus européen, présentent une immunité absolue : 4 fois sur 4 contre le virus historique de Tunis, 2 fois sur 2 contre le virus murin mexicain et, 3 fois sur 4, contre le virus murin de Tunis. — *Au bout de* 3 *mois*, 2 cobayes sur 2, éprouvés par le virus historique de Tunis, présentent l'un et l'autre une légère réaction thermométrique; avec le virus mexicain, un cobaye montre une réaction thermométrique sans orchite, l'autre pas de réaction; avec le virus murin de Tunis, 1 animal sur 2 ne présente pas de réaction.

Cobayes infectés par la culture du virus européen et éprouvés avec cette même culture :

Au bout d'un mois, le seul cobaye éprouvé se trouve vacciné. — *Au bout de* 3 *mois*, 2 animaux sur 2 ne montrent pas de fièvre; l'un d'eux meurt prématurément.

Cobayes inoculés avec les virus de passage et éprouvés avec la culture du virus européen :

Au bout d'un mois, 2 cobayes sur 2 sont vaccinés par le virus historique de Tunis; avec le virus mexicain, 2 cobayes sur 2 ne sont pas vaccinés; avec le virus murin de Tunis, 1 cobaye présente une légère poussée, l'autre une fièvre caractéristique. — *Après 3 mois*, 2 cobayes sur 4 sont vaccinés par le virus historique de Tunis; 3 ne sont pas vaccinés par le virus murin mexicain; 1 mort prématurément et 2 non vaccinés par le virus murin de Tunis.

Cobayes infectés par la culture du virus mexicain et éprouvés avec les virus de passage :

Au bout d'un mois, 4 fois sur 4, les cobayes sont vaccinés contre le virus historique de Tunis, 2 fois sur 3 contre le virus mexicain, 2 fois sur 2 contre le virus murin de Tunis. — *Après 3 mois*, 2 cobayes sur 2 sont vaccinés contre le virus historique de Tunis; éprouvés avec le virus mexicain, l'un est vacciné, l'autre montre une fièvre et meurt; contre le virus murin de Tunis, 2 animaux sur 2 sont vaccinés.

Cobayes infectés par la culture du virus mexicain et éprouvés avec la culture du virus européen :

Au bout d'un mois, les 2 cobayes éprouvés sont vaccinés. — *Au bout de 3 mois*, sur 2 autres cobayes, l'un est vacciné et l'autre montre une fièvre.

Cobayes inoculés avec les virus de passage et éprouvés par la culture mexicaine :

Au bout d'un mois, sur deux cobayes infectés par le virus historique de Tunis, 1 est vacciné; d'autres cobayes sont, 1 fois sur 4, vaccinés avec le virus murin mexicain, 1 fois sur 2 avec le virus murin de Tunis. — *Aprés 3 mois* aucun des 6 animaux, inoculés avec les virus de passage, n'est vacciné.

En résumé. — Les cobayes, inoculés avec la culture du virus historique et éprouvés après 1 et 3 mois, sont vaccinés 11 fois sur 16 contre les virus de passage. Ces mêmes virus ont vacciné 4 cobayes sur 16 contre la culture virus européen (Breinl).

Les cobayes, inoculés avec la culture murine mexicaine, se montrent vaccinés après 1 et 3 mois, 13 fois sur 15 contre les virus de passage. Ceux-ci ont vacciné 3 cobayes sur 14 contre la culture du virus murin mexicain.

L'infection, provoquée par les cultures, vaccine donc mieux le cobaye contre les virus que l'infection provoquée par les virus de passage ne vaccine contre les cultures.

La séance est levée à 15^h35^m.

E. P.